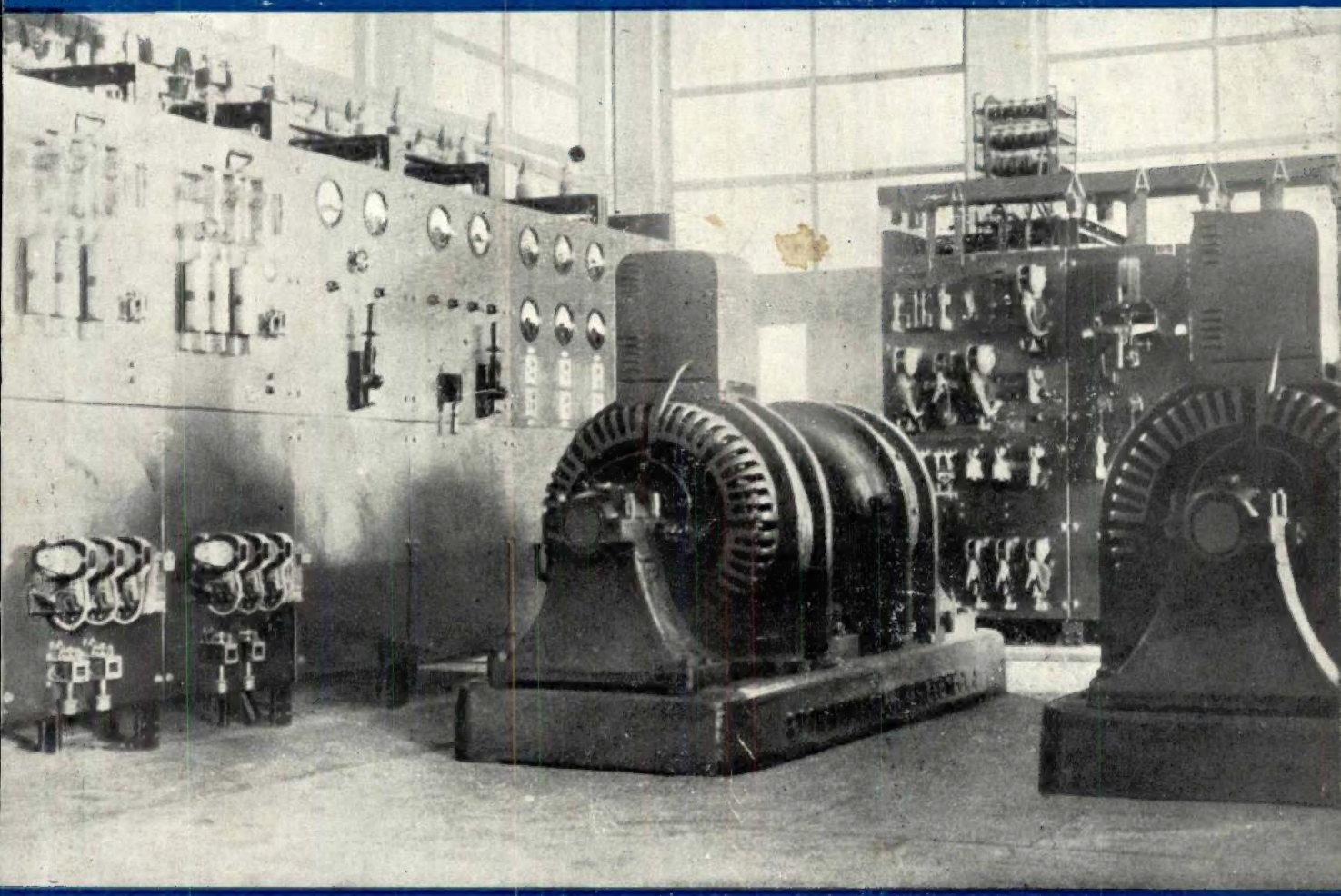
TÉCNICA



REVISTA DE ENGENHARIA
DOS ALUNOS DO I.S.T.

N.º 168-Novembro-1946

CIMENTO

SECIL

Fabricado pelos mais modernos processos e preferido para todos os trabalhos de responsabilidade.
Sacos de papel ou de juta com 50 Kg.
Barricas de 180 Kg.

S E C I L

COMPANHIA GERAL DE CAL E CIMENTO
RUA DO COMÉRCIO, 56, 3.º
LISBOA

União Eléctrica Portuguesa

S. A. R. L.

SEDE
Rua Duque de Loulé, 240 — Pôrto
Telef. 2828 - 2829 - 2830 - Est. 90

DELEGAÇÃO
R. António Maria Cardoso, 13, 2.º-Lisboa
Telefones 27232 — 27233 — Est. 365

ELECTRICIDADE DO LINDOSO
E DAS CENTRAIS DO FREIXO E DA CACHOFARRA

A **União Eléctrica Portuguesa** distribui e vende electricidade nos **distritos** de VIANA DO CASTELO, BRAGA, PORTO, AVEIRO, COIMBRA, VISEU LEIRIA e de SETÚBAL, pela mais extensa rêde de alta tensão em Portugal (mais de 1.200 kms), levando fôrça motriz às FÁBRICAS e luz a CIDADES, VILAS, ALDEIAS e LUGARES

A **U. E. P.** facilita a electrificação de Fábricas e oferece as maiores vantagens nas suas tarifas

Consultar a **U. E. P.** e consumir a sua energia é **proveitoso negócio**

Cimento «Liz» hidrofugado «N»

PRÓPRIO PARA

IMPERMEABILIZAÇÃO DE OBRAS

REBOCOS, FUNDAÇÕES, PAREDES, ETC.

Substitue com vantagem de ordem técnica e económica todos os impermeabilizadores conhecidos.

Em sacos de papel de 50 quilos

Peçam instruções para o seu emprêgo

Sede: Rua do Cais de Santarém, 64, 1.º — LISBOA
Filial: Rua de Santo António, 190-A, 1.º — PORTO

Agentes em todo o País

NÚMERO
168
Novembro—1946

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA
DOS
ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Redacção e Administração: AV. ROVISCO PAIS, IST / LISBOA-N./ TEL. 49144 (linha 50)

DIRECTOR
FERNANDO MANZANARES ABECASIS

ADMINISTRADOR
FERNANDO JÁCOME DE CASTRO

BIBLIOTECÁRIO
JOSÉ TELES

SECRETÁRIO
HENRIQUE ESTÁCIO MARQUES

REDACTOR
JOSÉ QUINTINO ROGADO

NÚMERO AVULSO 7$50

ASSINATURAS:

	3 N.os	6 N.os	12 N.os
Continente e Ilhas	21$00	40$00	75$00
Colónias Portuguesas e Estrangeiro	—	45$00	80$00

EDITOR E PROPRIETARIO
ASS. DOS ESTUD. DO I. S. T.

COMPOSTO E IMPRESSO
NA
Tip. JORGE FERNANDES, L.da
RUA CRUZ DOS POIAIS, 103
LISBOA

SUMÁRIO

CAPA — Sub-estação da Fábrica Mabor — Louzado — Quadro de comando e grupos geradores

		Págs.
Indústria e Ciência	Dr. F. Oederlin	1
Sugestões sobre a urbanização de Lisboa	Manuel Bravo	4
Estudo experimental do campo de tensões pela rotura duma camada aderente	Eng.º Júlio Ferry E. S. Borges	7
Medição da gravidade em geofísica	Eng.º Carlos Gonçalves	16
Linha de carga de poliódios, com ligação por resistência, em amplificadores	Armando Pereira dos Reis Miranda	22
Cimentos de baixo calor de hidratação		29
Lâmpadas fluorescentes	José Telles	36
Mundo Técnico		39
Notas bibliográficas		47
Publicações recebidas		48

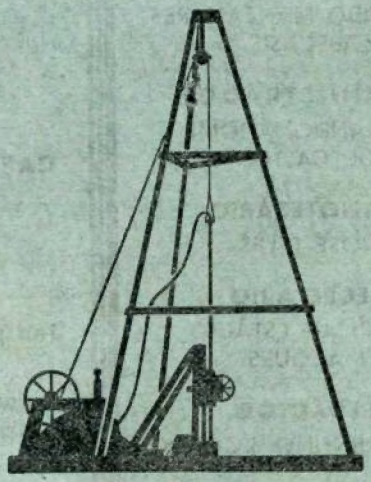
OS ARTIGOS PUBLICADOS NESTA REVISTA SÃO DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDADE DOS AUTORES

Sondages. Etanchements. Consolidations "Procédés Ródio"

Sondagens geológicas
Estudo da resistência e permeabilidade de terrenos; laboratório geofísico
Consolidação e impermeabilização de terrenos e alvenarias por meio de injecções de cimento, produtos químicos, emulsão betuminosa Shellperm, etc.
Estacas de beton armado, sistema **Ródio** sem fazer trepidar o solo
Rebocos comprimidos por «cement gun»
Fundações em terrenos difíceis por congelação artificial, ou baixando o nível da água friática.

Sociedade Anónima com séde em PARIS

As melhores referências no país e no estrangeiro



Engenheiro delegado para Portugal

Walter Weyermann

P. do Município, 32-2.º—LISBOA Tel. 2 8685

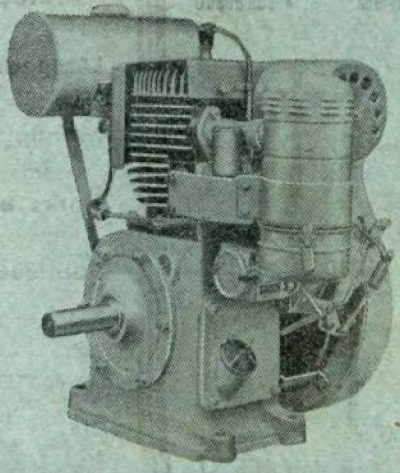
CARROS INDUSTRIAIS

MOTORES MARÍTIMOS **Douglas** GRUPOS GERADORES

MOTORES INDUSTRIAIS A GASOLINA E GASOLINA/PETRÓLEO

Série 1 cilindro

B.H.P.	R.P.M.
2 1/2	1800
4 1/2-5	1800
6	1800
7	1800



REPRESENTANTES EXCLUSIVOS PARA PORTUGAL

H. M. F. HATHERLY, L.DA—Rua do Comércio, 8—Tel. 22001

WILD

APARELHOS DE ALTO RENDIMENTO PARA
TOPOGRAFIA GEODESIA FOTOGRAMETRIA

EFICIÊNCIA **ROBUSTEZ**

COMPROVADAS POR MUITAS CENTENAS DE INSTRUMENTOS

vendidos em Portugal e Colónias, a maior parte dos quais ainda em serviço após anos de trabalho intensivo

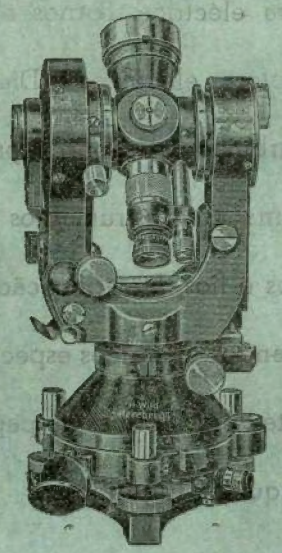
Nível pequeno N I
» médio N II
» de precisão N III

Teodolito-bússola T O
» repetidor T 1
» universal T 2
» de precisão T 3

Alidade com prancheta
Estádia de invar
Telémetros

Foto-teodolito
Câmaras fotográficas
Restituidores

Goniómetros e outros instrumentos topográficos militares



TEODOLITO UNIVERSAL WILD T 2

NOS NOSSOS ESCRITÓRIOS ESTÃO À DISPOSIÇÃO DOS INTERESSADOS AS LISTAS DOS COMPRADORES

Representantes e Depositários

PIMENTEL & CASQUILHO, L.DA

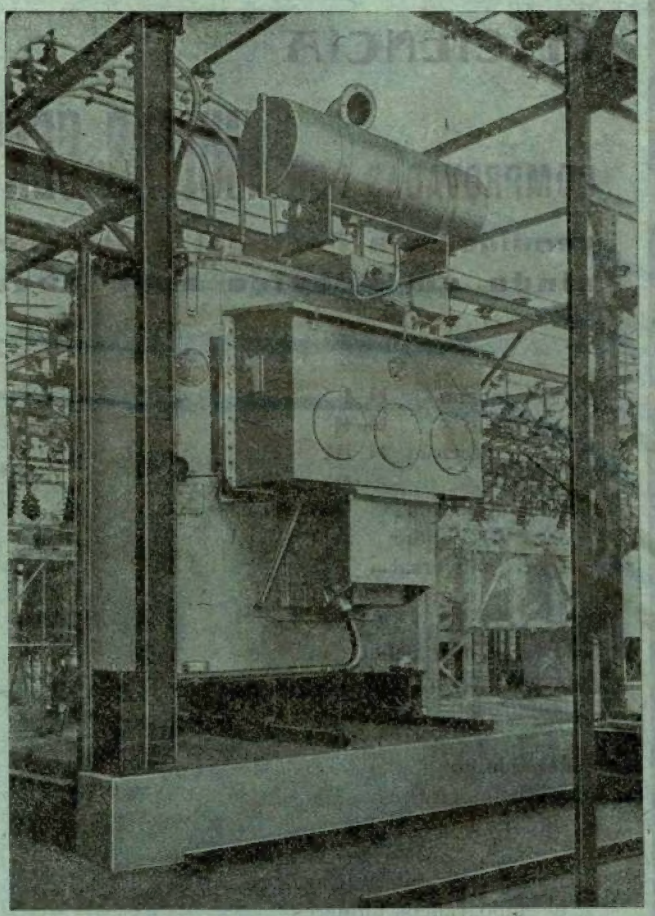
R. EUGÉNIO DOS SANTOS, 75 TELEF. 2 4314/15 LISBOA

WILD HEERBRUGG

GENERAL ELECTRIC

Schenectady, N. Y.

Motores e dinamos. Alternadores. Transformadores. Aparelhos para alta e baixa tensão. Centrais termo e hídro-eléctricas. Instalações para melhorar o factor de potência. Tracção eléctrica. Máquinas, Transformadores e Electrodos para soldadura eléctrica. Fornos eléctricos. Automotoras eléctricas e Diesel-eléctricas. Turbinas de vapor. Aparelhos de iluminação. Instrumentos de medida. Cabos e fios. Electrificação de fábricas. Comandos eléctricos especiais para fábricas téxteis, fábricas de papel, etc. Máquinas frigoríficas.



Transformador trifásico com regulação da tensão em carga

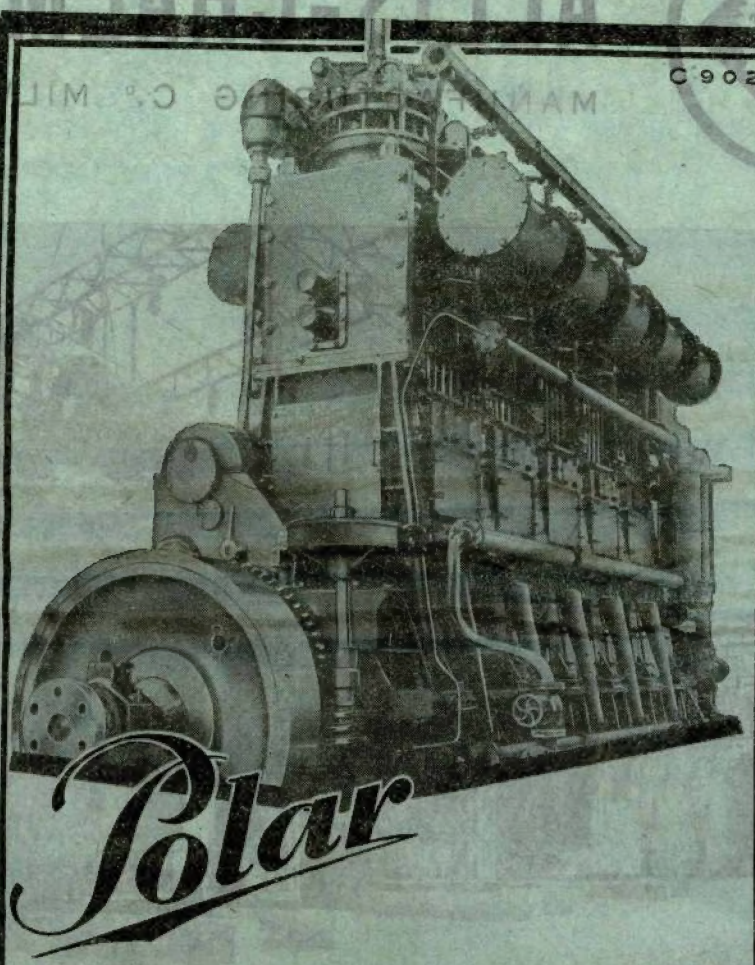
THOMSON GENERAL ELECTRIC

Portuguesa, L.da

LISBOA

Rua do Norte, 5

Telef. 28135-28136



MOTORES DIESEL TERRESTRES
E MARÍTIMOS DE ESMERADA
CONSTRUÇÃO SUECA

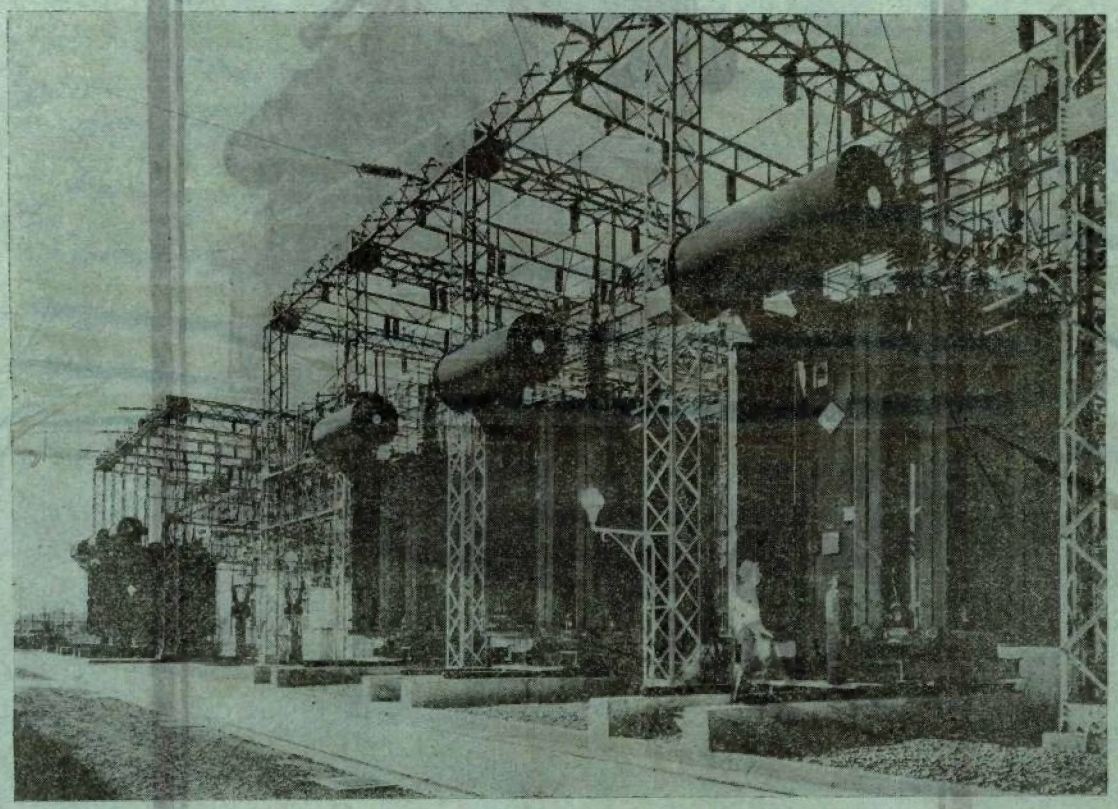
Representantes exclusivos em Portugal:

JAYME DA COSTA, L.DA

LISBOA ✱ PORTO

ALLIS-CHALMERS

MANUFACTURING C.º MILWAUKEE



TRANSFORMADORES DE MEDIDA

Transformadores de Corrente
Transformadores de Tensão

Todos os tipos segundo as normas «NEMA» CLASSES 1/4 a 1 %

TRANSFORMADORES DE POTÊNCIA

Todos os tipos para:
INTERIOR : EXTERIOR
SUBTERRÂNEOS

SÉRIE NORMAL
Até 220.000 V e 50.000 KVA

REGULADORES DE TENSÃO

Mantendo a tensão constante a menos de 5/8 %

SÉRIE NORMAL:
Até 750 KVA e 70.000 V

REPRESENTANTES EXCLUSIVOS

EST. HEROLD, LTD.

LISBOA / RUA DOS DOURADORES, 7 / TELEF. 2 4221 / 5 LINHAS

Fábrica Nacional de Condutores Eléctricos, L.da

VENDA NOVA — AMADORA

CONDUTORES ELÉCTRICOS

C E L

Fabricados pela indústria nacional segundo as Normas de segurança das instalações de Baixa Tensão

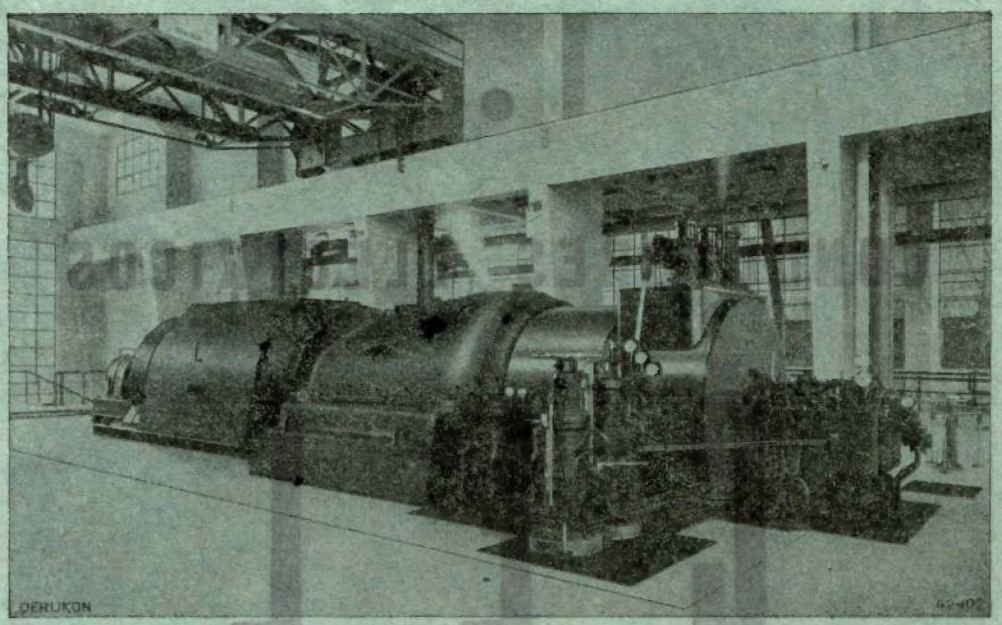
CONCESSIONÁRIOS GERAIS:

SODIL — Sociedade Distribuïdora, L.da

R. NOVA DA TRINDADE, 15-C

LISBOA

OERLIKON



Grupo turbo-alternador Oerlikon de 30000 kW e ponte rolante de 74 t. da Central de Hameenlinna (Filândia)

PRODUTOS OERLIKON

Equipamentos eléctricos para centrais termo e hidro-eléctricas, subestações e instalações de distribuïção. Geradores e motores eléctricos de todos os tipos, transformadores, reguladores de indução, grupos convertidores, mutadores, turbinas a vapor e turbo geradores, gruas eléctricas, interruptores e aparelhos de manobra para alta e baixa tensão, aparelhos de protecção e relais de todos os tipos, equipamentos para soldadura eléctrica por arco, compressores e bombas de vácuo, electrolisadores, equipamentos eléctricos para locomotivas, automotoras eléctricas e diesel-eléctricas (via estreita e normal), tramwais, troley-buses, funiculares, teleféricos, etc.

Representante Geral para Portugal e Colónias

P. BELLASI

Pôrto // Rua Sá da Bandeira, 494, 3.° // Telefone 968

ATELIERS DE CONSTRUCTION OERLIKON
ZURICH-OERLIKON (SUIÇA)

TÉCNICA

FERNANDO MANZANARES ABECASIS
DIRECTOR

ANO XXII - N.° 168 NOVEMBRO 1946

INDÚSTRIA E CIÊNCIA

EXTRACTOS DE UM ARTIGO CONSAGRADO Á INAUGURAÇÃO DO "LABORATÓRIO CENTRAL DE INVESTIGAÇÃO" DA CASA SULZER

POR F. OEDERLIN

Dr. ès-sciences techniques h. c.
Administrador-delegado da Sociedade Anónima «Sulzer Fréres», de Winterthur

C. D. 6.006,25

«Se é certo que todos concordam em considerar muito importante o problema da formação de engenheiros, já não há, contudo, perfeito acordo sobre aquilo em que essa formação deve consistir. E como o assunto é um tanto vago, dada a diversidade dos ramos em que a Engenharia está dividida e a diversidade, ainda maior, das funções a que cada especialidade faculta o acesso, mais fácil se torna que as opiniões se afastem e afirmem.

Essas opiniões provêm, sobretudo, como é natural, dos alunos de Engenharia, dos seus mestres e dos engenheiros que exercem a profissão. Ora, se os pareceres dos dois primeiros grupos são, sem dúvida, importantes e de considerável interesse por dizerem respeito, uns, a futuros engenheiros, outros, àqueles que os ensinam e, quer queiram quer não, educam — talvez as opiniões do terceiro grupo, em que, evidentemente, se contam também elementos do segundo, sejam as que mais atentamente devam ter-se em conta por representarem os pontos de vista daqueles que ocupam e originam os lugares que mais tarde ocuparão os engenheiros, melhores ou piores, que a Escola vai formando. E se a verdade pode sair da boca de qualquer, parece haver uma maior probabilidade de se seguir por bom rumo quando se atende a opinião dos que obtiveram melhores êxitos e deram melhores frutos.

Nestas condições, sendo a produção industrial uma das finalidades fundamentais da Engenharia, o técnico-chefe de uma grande casa construtora de máquinas está certamente em situação segura para ajuizar dos conhecimentos, em quantidade e qualidade, que a técnica actual e o seu progresso exigem dos engenheiros.

Foi nesta ordem de ideias que nos pareceu interessante a publicação de alguns extractos de um artigo do Administrador-delegado da Sociedade «Sulzer-Fréres» — artigo em que, a par de outras questões também muito importantes, se põe em relevo a necessidade de determinada cultura científica e do emprego dos correspondentes métodos na Indústria moderna, ou — e a generalização, neste caso, não parece duvidosa — na Engenharia.

Mais do que simplesmente interessante, a publicação destes extractos pareceu-nos oportuna: é que a questão fundamental que através dela pretendemos focar parece gozar de uma certa impopularidade.

Tem-se insistido, e com muita razão, na grande importância do «desembaraço» *dos engenheiros, para que a sua vida profissional seja, como deve sê-lo, activa e não apenas comtemplativa.*

Tem-se insistido, também, e não com menor razão, na parte «chefe», *que, embora em grau diferente, quase sempre os engenheiros têm a necessidade e o dever de assumir, já por exigências estrictamente profissionais, já por exigências de natureza mais ampla e elevada, e que nunca será demais acentuar. Porém, na parte «sábio» insiste-se menos; e sobretudo — e aí é que está o mal — insiste-se* de menos.

De menos, pelo valor que em si mesmo este aspecto tem; de menos, ainda, porque as duas outras qualidades, quando não sejam temperadas por esta, tornam-se perigosas. Embora o talento do comando exista normalmente em indivíduos de qualidade superior, é sabido que pode tender a desinteressar aqueles que o possuem dos problemas técnicos, sempre mais impessoais que os de comando. O «espírito desembaraçado» *é mais comum, e parece disfrutar actualmente de especial favor. Mas é bem sabido que, assim como há um verdadeiro e um falso heroismo, também há um verdadeiro e um falso desembaraço, distinguindo-se, em ambos os casos, o verdadeiro do falso por aquele ser consciente e este não, ou, pelo menos, pouco; e distinguindo-se os dois casos um do outro, entre outras coisas, por as conseqüências desastrosas, no primeiro, só atingirem, em geral, os responsáveis — o que está longe de ser corrente no segundo.*

A competência profissional diminui grandemente estes perigos do desembaraço, *e pode dizer-se, imprime a este o verdadeiro cunho de honestidade profissional. Essa competência, ninguém duvida que a Escola não pode fornecê-la completamente, por menos imperfeita que seja. Mas, o que a Escola* deve dar, *como parcela dessa competência é o que na vida profissional só muito dificilmente pode conseguir-se e que, logo de início a deve fecundar: os verdadeiros e sólidos fundamentos científicos da cultura técnica, e o amor ao estudo.*

Julgamos serem estas as conclusões principais dos extractos agora publicados, conclusões que, no seu conjunto, constituem condição necessária para que sejam realidade outros pontos importantíssimos que o artigo foca: a colaboração da Indústria com a Escola, através dos seus Mestres, a utilização industrial dos auxílios da ciência e a investigação nas fábricas.

Esperamos que o que segue, pela autoridade de quem o afirma e pelo país a que diz respeito — essa extraordinária Suíça — contribua para criar e fortalecer a convicção do muito que falta para o verdadeiro desenvolvimento industrial possível entre nós».

A influência determinante da vitalidade da nossa indústria reside no progresso técnico, isto é, em última análise, nas investigações e estudos que esse progresso implica. A sua importância para o sucesso industrial já é reconhecida há muito tempo. Algumas sensacionais realizações dos últimos decénios seriam inexplicáveis se não se soubesse terem sido precedidas de um longo trabalho de pesquisas teóricas, construtivas e experimentais.

Mas a técnica de hoje já se não contenta com antigos processos de investigação. As bases teóricas desenvolveram-se e afinaram-se a tal ponto que qualquer indústria, para se não deixar ultrapassar, tem de recorrer com crescente frequência ao auxílio cada vez mais eficaz da ciência. As condições sucessivamente mais duras a que, por exemplo, as máquinas térmicas estão sujeitas, obrigam a um trabalho científico sistemático. Os métodos puramente empíricos já não chegam para fornecer ao construtor os dados que exige a criação de máquinas que apresentem aperfeiçoamentos fundamentais.

Para atingir a sua finalidade e fornecer directivas práticas, a investigação industrial deve estar ligada à fábrica e não pode ficar separada dos estabelecimentos de produção. A nada se chega se, isolando o trabalhador científico das secções de produção, se suprime o contacto pessoal e se põe obstáculo ao espírito de colaboração.

As belas realizações de primeira linha foram sempre devidas a uma corajosa iniciativa da indústria particular que, no livre jogo das suas forças, julga o que é econòmicamente possível e realizável. No entanto, o valor dos serviços que os centros de investigação das escolas superiores técnicas podem prestar aparece muito claramente, sobretudo no que diz respeito às investigações científicas fundamentais capazes de conduzir a uma utilização industrial. Estes estabelecimentos completam da maneira mais feliz os da indústria e, ao

mesmo tempo, preparam os novos engenheiros especializados de que há necessidade. As estreitas relações que as fábricas mantêm com os principais professores das escolas superiores são um auxílio e um estímulo para as suas investigações e actividades. Além disso, estas trocas de pontos de vista são também úteis para as escolas pelo contacto vivo que lhes permite manter com os problemas e finalidades da indústria.

Quando falamos na necessidade de recorrer cada vez mais às ciências fundamentais, pensamos em primeiro lugar na física técnica, que mais do que qualquer outra é chamada a fecundar as investigações e desenvolvimentos técnicos. Aliada à metalurgia moderna, a física técnica desempenha um papel de primeira plana nas questões de tecnologia dos materiais. Pensamos tambem nos aperfeiçoamentos introduzidos nos aparelhos de medida, e no emprêgo cada vez mais frequente das matemáticas superiores, com as quais se procura fazer passar o progresso técnico do domínio do aproximado e do fortuito para o do cálculo e da previsão científica.

Em qualquer investigação industrial e técnica, é preciso não considerar o estudo como um fim em si mesmo, mas definir exactamente a finalidade proposta. Os trabalhos serão então racionalmente repartidos por um escol de colaboradores de elevada cultura científica e técnica, à disposição dos quais será posta uma instalação de investigação concebida e equipada judiciosamente e com sensata economia. Enfim, deverá olhar-se a que os trabalhos sejam cuidadosamente interpretados com vista à sua utilização industrial e económica. Com isto tudo não queremos esquecer que a ciência só até um certo ponto é capaz de mostrar o caminho à técnica. A experiência prática, esse pilar onde assenta todo o trabalho industrial, desempenha, com efeito, um papel não menos importante. E enfim, o construtor, com os meios que a experiência e a ciência põem à disposição da sua imaginação e do seu sentimento artístico, estará em condições de desenvolver plenamente a sua actividade criadora. É por isso que o papel do construtor dotado é tão importante como o do engenheiro investigador. Em muitos casos o próprio construtor terá de se dedicar à investigação ou que assumir a sua direcção, porque o seu contacto diário com as exigências da construção e do funcionamento das máquinas, bem como com os trabalhos do banco de ensaios, lhe indica os problemas cuja solução é particularmente urgente.

Se se desejar atingir com segurança o fim proposto, apesar da diversidade dos caracteres e forças que colaboram na obra comum, deve dar-se também grande atenção ao factor humano. O sucesso das investigações e estudos resulta sempre de um trabalho colectivo, que não pode ser levado a bom termo sem que todos os que nele participem procurem o resultado com alegria, entusiasmo, num espírito de camaradagem e compreensão mútua. Ao mesmo tempo, é preciso que o pessoal técnico não perca o sentido da realidade. Convém cultivar o simples bom senso porque, no fim de contas, na técnica, uma criação com êxito raramente é o produto de subtilezas teóricas. Nas aplicações, que servem sempre uma finalidade económica, a solução sã e simples leva a melhor sobre a combinação complicada e demasiado rebuscada.

. . . Pretendeu-se mostrar que, graças a uma estreita colaboração entre os gabinetes de construção, as oficinas, os bancos de ensaios, as fundições, os laboratórios e centros de estudo — é possível, não só aperfeiçoar ao máximo os produtos existentes, mas também, por um acréscimo constante dos conhecimentos científicos, lançar-se por caminhos novos, descobrir novos campos de actividade, e assegurar a continuidade e sucesso do desenvolvimento técnico.

SUGESTÕES SOBRE A URBANIZAÇÃO DE LISBOA

PELO ENGENHEIRO CIVIL (I. S. T.) MANUEL BRAVO

C. D. 711,11

As linhas que a seguir se escrevem não têm a estulta pretensão de estabelecer doutrina. Por não ter encontrado resposta satisfatória para certas perguntas que a mim mesmo formulei, resolvi aproveitar este meio e apelar para aqueles que mais directamente, e dia a dia, trabalham no assunto, para da pena deles obtermos aqueles esclarecimentos. Feito este apelo com toda a sinceridade, esperamos que as nossas intenções sejam bem compreendidas. O tema é apaixonante, e ha bastante gente com capacidade para poder responder e até rebater, estou certo disso, as opiniões abaixo expressas. Seria do máximo interesse, e muito satisfeito me consideraria se conseguisse obter, levantando a questão, que ela fosse encarada e resolvida por forma a merecer gerais aplausos.

Creio que não é por falta de gente que estas coisas se não fazem, mas sim por muitas vezes se não abordarem assuntos sobre os quais se não possa demonstrar, por $a + b$ que ele sò tem determinada solução. Tomam-se muitas vezes os assuntos tão a peito, que as simples trocas de impressões chegam a envenenar-se de ressentimento pessoal. É possível que seja falta de treino desportivo no encarar da mecânica de discussão dos mesmos. Não vale tanto a opinião que seja a nossa se não conseguir aplauso mais geral. Partindo-se deste principio poderemos conseguir, sem azedume, que os mais importantes problemas da nossa profissão sejam tratados sem se tomar neles mais do que o interesse de os levar a bom termo. Posto este prévio esclarecimento, entremos pròpriamente no assunto.

***

1.º — *Tem Lisboa a urbanização compativel com a sua ecconomia?* isto é, pensou-se na «economia doméstica» média para estabelecer a urbanização da capital? ou, paralelamente ao plano de urbanização da cidade esperou-se com ele aumentar a capacidade económica dos municipes por forma a que em determinada época ou a partir de determinada época, urbanização e economia fossem harmónicas?

É talvez melhor exemplificar o que pretendemos dizer.

Comecemos primeiro por concretizar certos conceitos. Há diversas definições sobre o que se entende por «urbanização», «urbanismo» e «urbanizar». Creio mesmo que estamos numa fase em que, devido a factores muito diversos, a confusão em vez de deminuir aumenta cada vez mais, devido talvez, não áquilo que se pretende conseguir com o simples enunciar da palavra, antes sim por causa de ela variar consoante a ocupação profissional de quem a emprega. Podemos até dizer, sem nos afastarmos muito da verdade, que por deformação profissional, não há uma «urbanização», mas diferentes tipos de urbanização, consoante a profissão que pretende presidir áquilo que poderemos definir a sua «coordenação».

Abstraíndo-nos deste facto, aliás muito importante, poderemos dizer que na urbanização, como Ciencia que estabelec o

modo racional de adaptação ao terreno, de uma população, segundo critérios mais ou menos funcionais, devem colaborar, a meu ver, e por ordem de importância no plano a estabelecer. *O engenheiro, o arquitecto, o economista, o médico,* e um certo número de outros acessores de especialização diversa.

Isto se pretendermos que a Urbanização seja alguma coisa mais do que uma arte de distribuição de manchas e do xadrez de blocos de habitação e de jardins, para ser a distribuição da população de uma cidade segundo o modo mais racional, em função das suas ocupações, previstas pela estatística, de modo higiénico aconselhado pelo médico, com as formas equilibradas conjugadas pelo arquitecto e segundo as condições de exequibilidade que o engenheiro indicaria.

Dois caminhos se podem seguir para atingir aquele fim: Ou a cidade é dividida em zonas diferenciadas profissionais, de modo a que as populações façam o minímo de deslocações, ou a cidade se mantém, numa mistura de profissões em todas as zonas e há que prever meios de acesso rápidos e económicos aos locais de trabalho. Numa cidade a estabelecer de novo é fácil criar-se o primeiro tipo. Numa cidade já existente teremos de ir para o segundo tipo, limitando-nos, porventura, por questões de salubridade a desviar as zonas fabris para a periferia.

Mas exactamente por isso mesmo é necessário acompanhar, caso se opte pela segunda hipótese, a centrifugação da zona fabril de uma paralela facilidade de acessos. Uma sem a outra será um castigo em vez de um benefício.

Mas voltemos ao princípio e preguntemos: *Tem Lisboa a urbanização compatível com a sua economia?* Parece-nos que não.

À primeira vista, e até prova em contrário, parece-nos que a expansão que está a tomar a Capital é contrária aos interesses dos Munícipes e do próprio Município. Vejamos porquê.

Para o Município: Aumentando a área da cidade, aumentam:

1.º — Despesas de construção de pavimentos.

2.º — Despesas de construção de esgotos.

3.º — Despesas de conservação de pavimentos e esgotos.

4.º — Despesas dos Serviços de Salubridade e Higiene.

5.º — Despesas com o serviço de incêndios.

Para o Munícipe: Aumentando a área da cidade, aumentam:

1.º — A sua contribuição para ocorrer às despesas municipais causadas por expansão evitável da cidade.

2.º — O perigo para a sua saúde, em virtude do Município não poder ocorrer às despesas de higiene com a necessária eficiência.

3.º — As despesas para amortização da rede de electricidade.

4.º — As despesas para amortização das redes de gás.

5.º — As despesas para amortização da rede telefónica.

6.º — As despesas para amortização da rede de águas.

7.º — As despesas para amortização do serviço de incêndios, o perigo do seu baixo rendimento, atenuado até certo ponto com o menor perigo de incêndio.

8.º — O baixo rendimento do serviço de correios.

9.º — As despesas com o serviço de policiamento.

10.º — As suas despesas de transporte.

Poderemos portanto dizer, que se uma cidade ultrapassar os limites daquilo em que económica e salubremente poderia viver, isso se faz à custa da economia do Munícipe, com o consequente abaixamento do seu nível de vida.

***

2.º — *É de aconselhar, no estado actual da ciência de construção, que se continuem a construir prédios com as alturas actuais?*

Por outras palavras, não seria de aconselhar que em determinadas zonas da cidade, racionalmente dispostas e prèviamente estu-

dadas, a altura actual duplicasse ou mesmo triplicasse?

Se pensarmos que uma parte da população percorre, diàriamente, desde as suas habitações até ao local dos seus empregos um trajecto superior àquele que poderia percorrer se os prédios tivessem altura superior, as despesas de transporte, acrescidas das horas de improdutividade provocada por transporte evitável, devem somar uma dissipação de tempo, ou *tempo morto,* muito apreciável.

Avaliando que a hora média de trabalho possa valer 4$00, e que o número de pessoas transportadas por eléctrico em 1946 seja de 230.000.000, se tomarmos como coeficiente de utilização 0.10 (relativo às pessoas que produzem e que se transportam indevidamente) temos a cifra de:

$$4\$00 \times 23. \times 10^7. \times 0{,}10 = 92.000 \text{ contos}$$

o que a uma taxa média de juro de 0,04 corresponderia ao rendimento de um capital de 2.300.000 contos.

Não valerá a pena rever o assunto?

Lisboa, Setembro 1946.

INSTITUTO PARA A ALTA CULTURA
CENTRO DE ESTUDOS DE ENGENHARIA CIVIL
INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO · LISBOA
PUBLICAÇÃO N.º 4

Estudo experimental do campo de tensões pela rotura duma camada aderente (*)

PELO ENG.º CIVIL (I. S. T.) JÚLIO FERRY E. S. BORGES
Assistente do I. S. T.

C. D. 624.043:539.311

Ao apresentar este estudo quero agradecer ao Sr. Eng.º Manuel Rocha, que dirige o Centro de Estudos de Engenharia Civil, os preciosos conselhos e ensinamentos com que sempre me acompanhou durante a execução dos ensaios e na revisão da presente publicação.

PLANO

0 — Introdução
1 — Observação das linhas de lüders
2 — Fractura do verniz antes de se ter atingido a cedência
3 — Identificação das linhas de fractura com as isostáticas
4 — Técnica
5 — Aplicação sobre outros materiais
6 — Significado da densidade de fendas
7 — Aplicação ao estudo da rotura
8 — Conclusões

0 — Introdução.

A preocupação dum engenheiro ao projectar uma estrutura é dar-lhe dimensões e escolher materiais de forma que aquela possa resistir, sem se romper e mesmo sem sofrer deformações exageradas, às solicitações a que vai estar sujeita.

Como critério de cálculo contra a rotura usa-se habitualmente o de não deverem ser excedidos determinados valores das tensões, chamados de segurança e que são arbitrados em face das tensões de rotura ou de cedência dos materiais utilizados.

No estado actual da engenharia contentamo-nos pois com a determinação das tensões que se vão desenvolver nas peças quando da aplicação de forças ou deslocamentos, para compará-las depois com as tais tensões de segurança.

Para fazer aquela determinação podemos recorrer à Resistência dos Materiais, à Teoria da Elasticidade, ou ainda a métodos experimentais utilizando

(*) Trabalho subsidiado pelo Instituto para a Alta Cultura.

ensaios em tamanho natural ou sobre modelos.

Estes métodos experimentais de estudo do campo de tensões recorrem por seu turno à medição de deformações (para o que se empregam extensómetros, medidores de momentos, deflectómetros, etc.), à utilização de efeitos fotoelásticos, a analogias (com um campo eléctrico ou com uma membrana uniformemente tendida e de contornos impostos, etc.), ou ainda a outros efeitos de aplicação menos corrente.

O método que a seguir se apresenta para o estudo experimental do campo de tensões baseia-se na rotura duma camada aderente ao elemento que se quer estudar.

A primeira ideia de estudar a deformação dum sólido mediante o seu recobrimento com uma camada aderente foi-nos dada por vagas notícias de ensaios realizados na Alemanha. Só depois de começados os nossos ensaios encontrámos nas revistas *V. D. I.* (18 de Junho de 1932, pág. 601) e *Génie Civil* (24 de Fevereiro de 1934, pág. 180 e 13 de Outubro de 1934, pág. 328) trabalhos sobre este assunto. No primeiro apresentavam-se alguns resultados mas não se dava indicação alguma quanto à técnica seguida. O método era empregado no estudo de órgãos de máquinas e constituía um segredo da fábrica Maybach. Os últimos referiam-se principalmente a recobrimentos sobre madeira.

1 — Observação das linhas de Lüders.

A primeira questão que nos pareceu fácil de resolver recorrendo às camadas aderentes foi a observação das cedências.

Como se sabe, ao atingir no aço de construção uma tensão da ordem dos 30 kg/mm^2 o diagrama tensões-deformações apresenta um ponto anguloso *C* (fig. 1), a que se chama ponto de cedência. Até essa altura o comportamento do material pode considerar-se como perfeitamente elástico.

Atingido esse ponto, dão-se escorregamentos segundo certos planos, cujos traços na superfície da peça são as chamadas linhas de Lüders. Estas linhas só são visíveis desde que a peça esteja bem polida.

Pretendíamos evidenciar estas linhas sem ser necessário proceder à operação morosa de polimento.

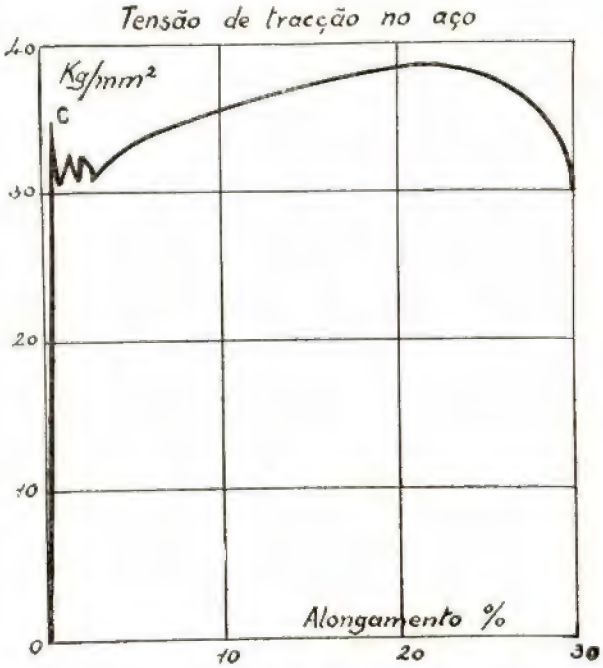


Fig. 1
Diagrama tensões-deformações no aço

Com este fim aplicámos sobre barretas de ensaio vários recobrimentos de diferentes vernizes, e mesmo doutros materiais, tais como aguadas de cal, cimento, colódio, grude, etc.

Fig. 2
Linhas de Lüders (Recobrimento de verniz)

Aplicadas forças às peças de aço assim recobertas, desde que o verniz estivesse

suficientemente seco, as linhas de Lüders evidenciavam-se com toda a nitidez (fig. 2).

Fizeram-se também ensaios sobre peças de latão, alumínio e bronze, aplicando o mesmo revestimento de verniz. Ao contrário do que sucedia para o aço, o verniz fracturava-se quando o alongamento da peça atingia determinados limites mas sem evidenciar linhas de escorregamento.

A simples pintura das barretas de aço, com uma aguada de cal mostrou-se também eficaz para evidenciar os escorregamentos, constituindo um processo expedito e económico (fig. 3).

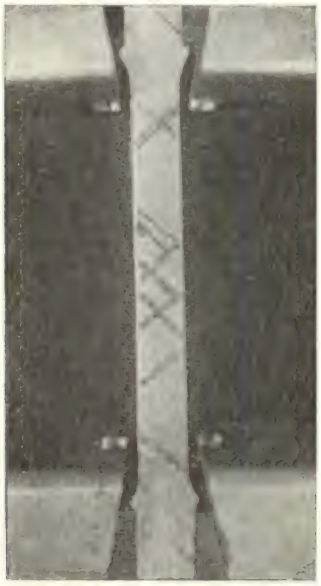


Fig. 3
Linhas de Lüders (Recobrimento de cal)

Note-se que, para o ensaio de estruturas este simples resultado apresenta já grandes vantagens. De facto, no ensaio de peças de aço interessa evidenciar as zonas em que aparecem cedências e não é expedito estar a polir toda uma estrutura para esse fim. Uma simples pintura de cal ou verniz permite evidenciar durante o ensaio todas as cedências à superfície.

2 — Fractura do verniz antes de se ter atingido a cedência.

Procurámos depois obter um revestimento que fracturasse antes de se ter atingido a cedência no aço.

As condições a que este revestimento tinha de satisfazer eram um alongamento de rotura muito pequeno e suficiente aderência à peça a ensaiar.

Nenhum dos revestimentos anteriormente empregados por nós satisfazia a estas condições. O alongamento necessário para que o verniz, sem ter sofrido qualquer tratamento, fracturasse, era muito superior ao correspondente ao ponto de cedência do aço.

Recorreu-se então a tratamento em estufa de camadas de verniz aplicadas sobre peças de aço. Estudou-se a influência da temperatura da estufa e do tempo de secagem do verniz sobre as propriedades da camada. Verificou-se que para o verniz copal, desde que fosse mantido algumas horas na estufa (pelo menos duas) à temperatura de 120°, ao dar-se o arrefecimento da peça, a camada de verniz fendia em todas as direcções.

Imediatamente surgiu a ideia de orientar estas fendas pela aplicação oportuna da carga. As fendas eram originadas por um campo uniforme de tensões de tracção que se criava quando do arrefecimento. A sobreposição de determinado estado de tensões a este campo, antes do aparecimento de fendas, devia ter certamente como consequência a orientação destas segundo determinadas direcções.

Ensaiaram-se barretas de aço recobertas de verniz e tratadas na estufa pela forma

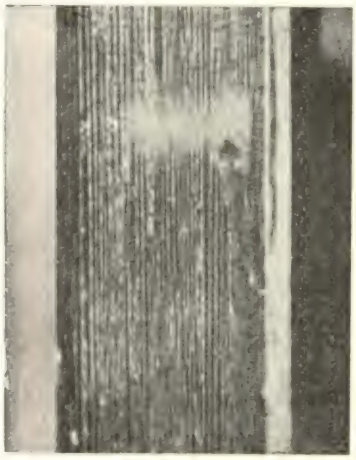


Fig. 4
Barreta submetida a uma compressão.

que se indica mais pormenorizadamente adiante.

Submeteram-se a esforços de tracção e verificou-se que as fendas apareciam, de facto, orientadas e com a direcção normal à força aplicada. Nos ensaios de compressão, também realizados com estas barretas, verificou se que as fendas apareciam com uma orientação paralela à da força aplicada (fig. 4).

3 — Identificação das linhas de fractura com as isostáticas.

Em face destes resultados surgiu-nos a ideia de que estas linhas de fractura do verniz coincidiriam com as isostáticas.

Ensaiaram-se equilíbrios elásticos para os quais as isostáticas já tinham sido obtidas por outros meios e compararam-se com elas as linhas de fractura do verniz. Assim se fez para uma viga submetida à flexão composta (fig. 6) para outra submetida à flexão simples e ainda para uma viga curta destinada à li-

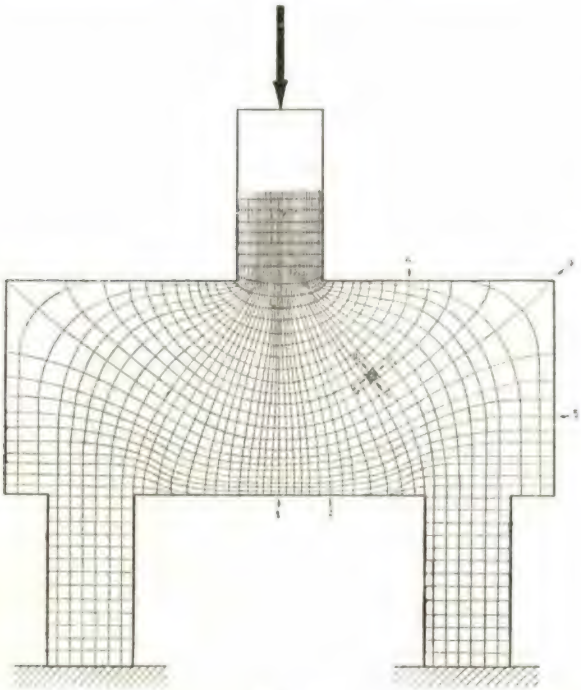


Fig. 5

Viga curta. Isostáticas obtidas por ensaio fotoelástico.

gação das cabeças de duas estacas (figs. 5, 7 e 8), equilíbrios nos quais as isostáticas foram determinadas por meio de ensaios fotoelásticos também realizados no laboratório do Centro de Estudos de Engenharia Civil.

A coincidência entre as linhas de fractura e as isostáticas foi perfeita.

Submeteram-se ainda barretas cilíndricas a esforços de torsão e de torsão mais flexão, obtendo-se no primeiro caso linhas de fractura inclinadas a 45° em relação ao eixo da peça, e no segundo com as orientações previstas pela Teoria da Elasticidade para as isostáticas.

A Teoria da Elasticidade permite também resolver o problema de um disco carregado por duas forças actuando segundo um diâmetro. As isostáticas são neste caso duas famílias ortogonais de circunferências.

Este equilíbrio foi também ensaiado pelo método das camadas aderentes, sendo os resultados apresentados nas figs. 9, 10, 11 e 12.

As linhas obtidas aproximam-se muito de circunferências. De facto para um disco com 14 cm de diâmetro, o desvio entre as curvas dadas pela teoria e as obtidas pelo método das camadas aderentes em ponto algum excedeu 1 mm, o que corresponde a variações de inclinação muitíssimo pequenas.

Nas figs. 9, 10 e 11, apresentam-se as sucessivas fases do aparecimento das linhas.

Em todos os ensaios realizados, mesmo em zonas de grandes compressões, nunca esta coincidência foi desmentida. As condições de perpendicularidade aos contornos das peças e de ortogonalidade entre as duas famílias de linhas também se verificaram sempre.

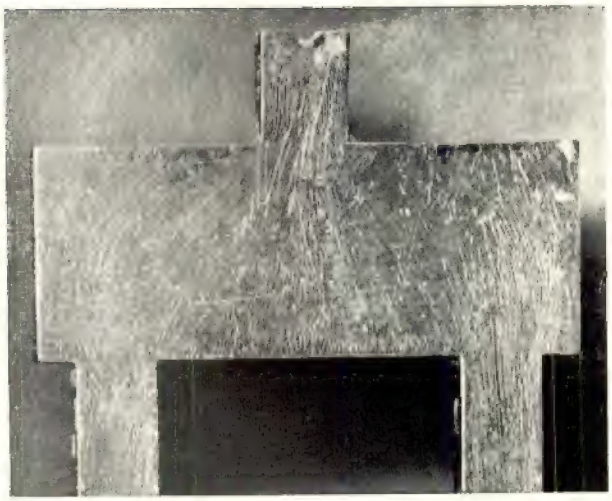
Note-se que as fendas do verniz só ficam perfeitamente orientadas desde que qualquer das tensões principais no aço, quer seja de tracção quer de compressão, exceda cerca de 3 kg/mm^2, valor, no entanto, bastante baixo em face das tensões correntemente desenvolvidas.

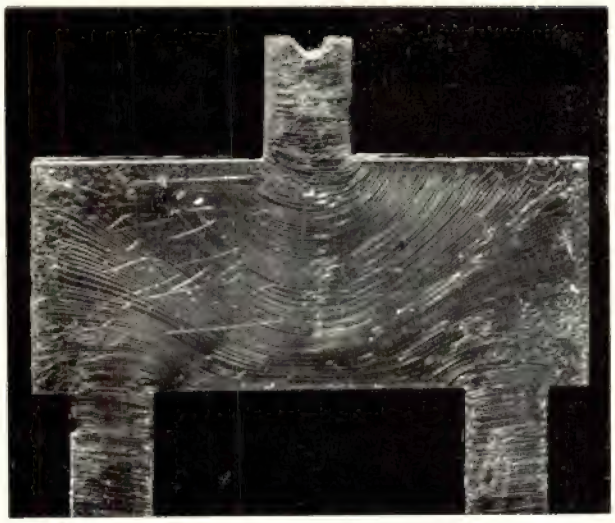
Em face do exposto podemos concluir que as linhas de fractura se podem identificar com as isostáticas, o que é um resultado importantíssimo em face dos poucos meios que temos ao nosso dispor para a obtenção expedita destas linhas.

Elas por si só podem dar já indicações preciosas quanto à distribuição das grandezas das tensões. De facto, como se sabe,

Fig. 6

Viga submetida à flexão.





Figs. 7 e 8

Viga curta (para a ligação de 2 estacas).

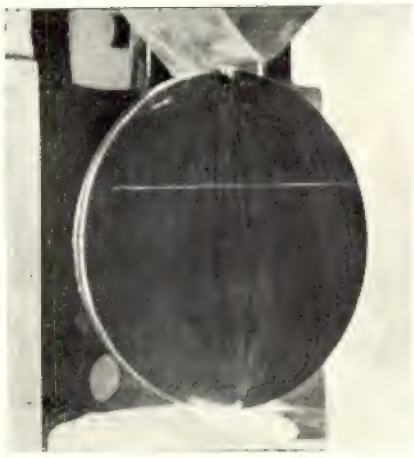


Fig. 9 Fig. 10 Fig. 11

Fases sucessivas do aparecimento das linhas de fractura na camada de verniz (disco carregado por 2 forças actuando segundo um diâmetro).

Fig. 12

Pormenor do mesmo disco (2.ª família de isostáticas).

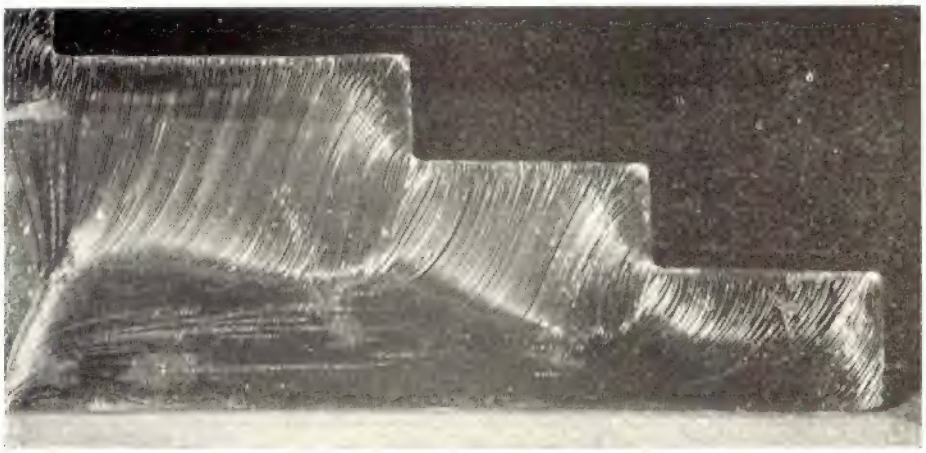


Fig. 13

Viga em consola
(1.ª família de isostáticas).

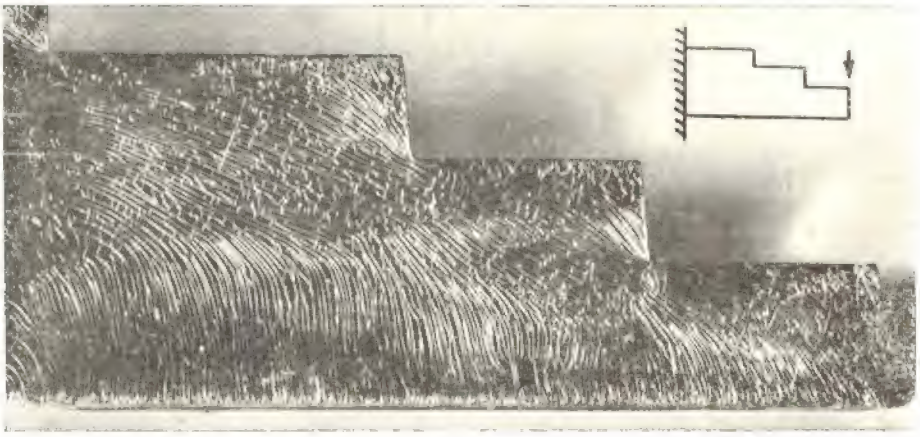


Fig. 14

Viga em consola
(2.ª família de isostáticas).

Fig. 15

Ligação rebitada.

os pontos de inflexão duma família de isostáticas correspondem a uma estacionaridade no valor das tensões na família normal. Estudando a curvatura das duas famílias num ponto conhece-se qual o sentido de variação das tensões ao atravessar esse ponto. Uma isostática pode ser considerada como o funicular dos acréscimos das tensões que são normais a essa isostática.

Para as obras de betão armado, o conhecimento das isostáticas permite dispor racionalmente as armaduras, pois elas devem seguir as isostáticas ao longo das quais se verificam tracções.

Apresenta-se um exemplo de aplicação ao estudo duma viga em degraus para a qual surgiram dúvidas quanto à orientação a dar às armaduras. Trata-se duma viga em consola para um balcão. Esta viga podia ser armada com varões horizontais, calculados para resistir às tracções devidas à flexão, e com varões verticais, destinados a absorverem os esforços transversos, ou só com varões inclinados, desprezando os degraus, como se se tratasse duma viga de secção constantemente variável. Pelas figs. 13 e 14 pode-se ver a direcção seguida pelas isostáticas e concluir que as armaduras inclinadas dispensam completamente as horizontais.

4 — Técnica

As peças de aço macio são limadas, murçadas e acabadas à lixa, de forma a obter-se uma superfície bem lisa. Depois de pintadas com uma camada de verniz copal, de espessura o mais uniforme possível, são introduzidas numa estufa e mantidas a uma temperatura de 115° a 120°, durante cerca de duas horas.

Após o arrefecimento, são de novo pintadas e submetidas a aquecimento nas mesmas condições. O verniz toma uma cor castanha clara.

Retiradas as peças da estufa deixam-se arrefecer lentamente. Quando a sua temperatura está já próxima da ambiente e antes de terem aparecido as fendas próprias do verniz, que se dariam em todas as direcções, aplica-se o sistema de forças.

O verniz fende então segundo curvas privilegiadas que, como vimos, coincidem com as isostáticas.

Fende mesmo nas regiões em que as duas tensões principais são de compressão e em que há, além disso, encurtamento nos dois sentidos, como sucede junto do ponto de aplicação da carga, numa viga submetida à flexão.

A direcção das linhas de fractura é sempre paralela à da tensão menor. De facto, quando num ponto as duas tensões principais são de tracção, as fendas são paralelas à menor tensão de tracção; quando uma tensão é de tracção e a outra de compressão, são paralelas à tensão de compressão, e quando ambas as tensões são de compressão, as fendas aparecem orientadas segundo a maior tensão de compressão.

Obtida a primeira família de isostáticas, para se conseguir a segunda recorremos ao artifício descrito a seguir.

O mesmo sistema de forças com que se obteve a primeira família é aplicado quando o verniz está ainda muito fluido, portanto com a peça ainda muito quente (logo que esta sai da estufa), e é retirado quando se atinge a temperatura ambiente. Isto equivale a ter aplicado forças com sentido contrário às aplicadas para obter a primeira família.

Como, quando se faz a inversão de todas as forças aplicadas a um sólido, as tensões, em todos os pontos, mudam simplesmente de sinal, as linhas de fractura do verniz obtidas por este processo hão-de necessàriamente coincidir com as isostáticas da segunda família.

Obtem-se assim com toda a simplicidade as duas famílias de isostáticas.

Foram ensaiadas outras técnicas de revestimento, tais como pintura à pistola, espalhamento de resina com uma superfície metálica aquecida, aplicação directa da rezina fundente, etc., mas nenhuma semostrou tão eficiente como a pintura com verniz e posterior tratamento na estufa.

Obtidas as linhas de fractura, torna-se necessário fazer a sua reprodução gráfica.

O pantógrafo constitui um método moroso, e a fotografia torna-se difícil por as linhas só serem bem visíveis para certas orientações da luz incidente.

Muito recentemente tentámos utilizar um método electrográfico para avivar as linhas

de fractura. A peça, depois de ter o verniz fendido, é recoberta com um papel de filtro embebido em sulfocianeto de amónio sobre o qual se assenta uma placa metálica, que funciona como cátodo, sendo a peça onde se querem caracterizar as fendas ligada a uma pilha de 6 V. Depois de passar a corrente durante algum tempo, as fendas aparecem escurecidas devido à deposição de sais de ferro.

Estou tentando ainda reproduzir as linhas directamente sobre papel sensibilizado com um sal insolúvel e intercalado no circuito junto ao verniz.

5 — Aplicação sobre outros materiais

O método das camadas aderentes foi aplicado ainda com sucesso a outros materiais, tais como o vidro, a madeira, o bronze, o latão, etc.

A técnica descrita para a obtenção da camada de verniz obriga ao aquecimento da peça a uma temperatura de 120°, o que não permite que o método seja aplicado a um material com ponto de fusão inferior a esta temperatura.

Também desde que o material seja poroso, não se forma uma camada contínua de verniz e o método não é aplicável. Estão neste caso o betão e o gesso.

Para resolver esta última dificuldade tivemos que impermeabilizar convenientemente a superfície, o que só foi conseguido com a interposição duma folha de papel metálico. Esta folha é colada à superfície da peça a estudar e depois recoberta com verniz, seguindo a técnica indicada. A sua espessura muito pequena não perturba a distribuição de tensões a estudar.

Temos esperança de que após aperfeiçoada convenientemente a técnica de revestir com resina fundente a peça a ensaiar, possamos ainda eliminar o inconveniente de introdução na estufa.

6 — Significado da densidade de fendas

Seja n o número de fendas interseptadas por um segmento de pequeno comprimento l (fig. 16) normal à direcção das fendas na vizinhança do ponto P.

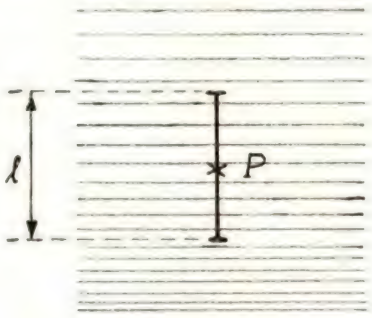


Fig. 16

Designamos por densidade de fendas o cociente $d = \frac{n}{l}$.

Para medir esta densidade usamos um microscópio de pequena ampliação, com o qual focamos o ponto onde se deseja medir a densidade de fendas e contamos depois o número de fendas que aparecem no campo do microscópio. Verificámos que, dentro de determinados limites de permanência na estufa, uma barreta várias vezes ensaiada com as mesmas forças apresenta igual densidade de fendas. Esta circunstância levou-nos a estudar a variação desta densidade em função das tensões.

Verificámos que, nos casos de estados simples de tensão e desde que não fossem ultrapassados determinados limites para a tensão σ no aço da ordem dos 15 a 20 kg/mm², a densidade de fendas é proporcional à tensão:

$$d = a\sigma + b .$$

Esta recta intercepta o eixo dos dd num ponto de ordenada b, o que, por generalização, faz corresponder a uma tensão nula uma determinada densidade b.

Esta linearidade verificou-se tanto para ensaios de tracção como de compressão, com um erro pequeno desde que se tratasse duma mesma camada de verniz.

A dificuldade que até hoje ainda não consegui vencer foi manter constantes os coeficientes a e b quando mudava de camada de verniz. Várias barretas ensaiadas nas mesmas condições apresentavam todas elas esta proporcionalidade, mas com valores de a e b diferentes.

Admitimos, como causa principal desta inconstância dos valores de a e b, a impossibilidade de dar sempre a mesma espessura às camadas de verniz. Nenhum dos métodos de espalhamento atrás indicados foi eficiente para atingir este fim.

Para os estados duplos de tensão era mais delicado o estabelecimento desta relação atendendo a que não podemos, em virtude desta dificuldade, mudar de peça.

Empregamos uma barreta cilíndrica que era submetida em sucessivos ensaios a determinado estado de tensão; tracção ou compressão simples, ($\sigma_1 \neq 0$ e $\sigma_2 = 0$) e ainda torsão ($\sigma_1 = -\sigma_2$). O pequeno número de pontos obtidos não permitiu estabelecer a forma da função $d(\sigma_1, \sigma_2)$.

Note-se que o estado de tensão do verniz não é proporcional ao estado de tensão no aço, pois a contracção da camada de verniz, em virtude do arrefecimento, origina uma tracção uniforme cujo valor desconhecemos. Além disso, tem também influência o facto de não serem iguais os coeficientes de Poisson do verniz e do aço.

Adoptemos as seguintes designações:

σ_1 e σ_2 → tensões principais no aço

σ_1' e σ_2' → tensões principais no ponto correspondente do verniz

μ e μ' → coeficientes de Poisson do aço e do verniz

E e E' → módulos de elasticidade do aço e do verniz

ε_1 e ε_2 → deformações principais.

Em virtude da aderência da camada, as deformações principais são iguais no aço e no verniz e portanto

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{E}(\sigma_1 - \mu\,\sigma_2) = \frac{1}{E'}(\sigma_1' - \mu'\sigma_2')$$

e

$$\varepsilon_2 = \frac{1}{E}(\sigma_2 - \mu\,\sigma_1) = \frac{1}{E'}(\sigma'_2 - \mu'\sigma'_1) \ ,$$

donde

$$\sigma_1' = \frac{E'}{E(1-\mu'^2)}[(1-\mu\,\mu')\sigma_1 + (\mu'-\mu)\sigma_2]$$

e

$$\sigma_2' = \frac{E'}{E(1-\mu'^2)}[(1-\mu\,\mu')\sigma_2 + (\mu'-\mu)\sigma_1] \ .$$

Como se vê, a tensão na camada aderente só será proporcional á tensão correspondente na base desde que os coeficientes de Poisson dos dois materiais sejam iguais.

Conhecidos estes coeficientes de Poisson e os módulos de elasticidade, é possível calcular as tensões na camada aderente a partir do conhecimento das tensões na base.

7 — Aplicação ao estudo da rotura

O facto que acabamos de apontar fez surgir a ideia de utilizar as camadas aderentes não já para estudar o campo de tensões no material recoberto, mas para estudar a própria rotura do material de recobrimento.

Este método parece ser especialmente potente para o estudo das direcções dos planos de rotura.

Sejam σ_1, σ_2 e σ_3 ($\sigma_1 < \sigma_2 < \sigma_3$) as tensões principais num ponto dum sólido. A teoria de Mohr afirma que o aparecimento da rotura no ponto considerado depende só das tensões principais extremas, σ_1 e σ_3.

A teoria supõe, além disso, que a família de circunferências definidas, pelos pares de valores (σ_1, σ_3) que determinam a rotura, admite uma envolvente, a que chama curva de resistência intrínseca.

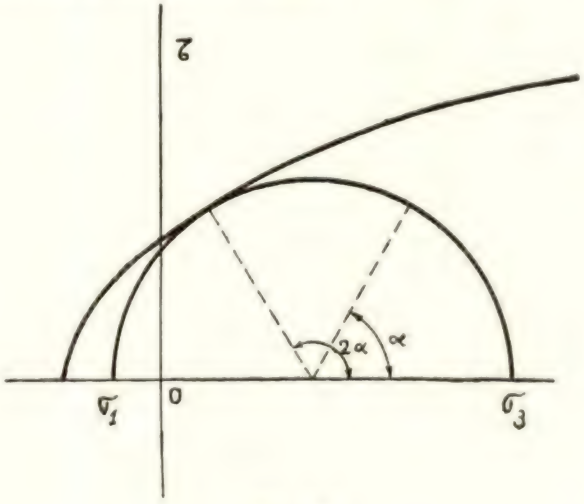


Fig. 17

Representação de Mohr (Curva de resistência intrínseca).

Outro axioma desta teoria de rotura supõe que o plano segundo o qual se vai dar a rotura é aquele em que se verifica a tensão definida pelo ponto de tangência da curva de resistência intrínseca com a circunferência (σ_1, σ_3). A direcção da normal a

esse plano faz com a tensão σ_3 o ângulo α (fig. 17).

Para estudar o valor deste axioma julgamos que o método das camadas aderentes pode ser muito útil. Alguns ensaios já realizados deram resultados satisfatórios.

Para estudar, por exemplo, a direcção dos planos de rotura numa argila recobrimos com esta uma tira de cautchu que submetemos depois a uma tracção. Quando o alongamento atingiu valor suficiente evidenciaram-se nìtidamente os planos de rotura.

Para estudar a rotura por compressão invertemos as operações: começamos por esticar a tira de cautchu, recobrimo-la e finalmente deixamo-la encurtar lentamente.

Evidentemente que, para conhecer as tensões desenvolvidas na argila, é necessário conhecer as características mecânicas dos dois materiais em presença.

Fizemos também alguns ensaios com camadas de argamassa de cimento e areia, gesso, vidro, etc.

Ainda não tivemos possibilidade de dar suficiente amplitude aos nossos trabalhos para que possamos aferir do real valor do método.

Os ensaios que mais desenvolvemos foram, sem dúvida, aqueles em que nos servimos de camadas de verniz, e parece que poderiam ser esses os primeiros e ser utilizados para esclarecer o problema da orientação dos planos de rotura.

Na primeira parte do nosso trabalho concluímos que a orientação das fendas no verniz correspondia sempre à das isostáticas e nada parece estar mais em desacordo com a teoria de rotura do que esta afirmação. Mas, no verniz temos que atender a um factor especial. De facto, pela própria técnica da obtenção da camada esta fica como dissemos, submetida a uma tracção uniforme cujo valor desconhecemos. O valor desta tracção pode ser suficientemente forte para que, mesmo no caso da existência duma forte tensão de compressão no aço, subsista no verniz uma tracção.

Como a tensão σ_3 que actua normalmente ao plano da camada é nula, se as outras duas tensões, σ_1 e σ_2, forem do mesmo sinal a rotura será condicionada, segundo afirma a teoria de rotura, pela maior em valor absoluto e pela tensão $\sigma_3 = 0$. Neste caso a fenda pode não ser normal à superfície da camada, mas terá uma direcção perpendicular à da maior tensão principal,

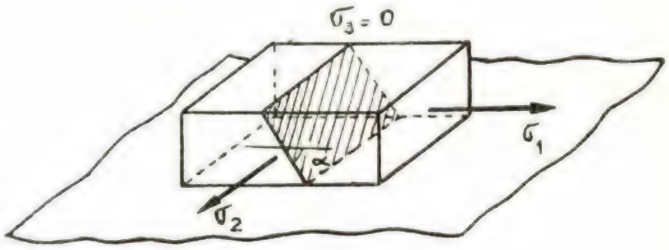


Fig. 18

direcção esta que corresponde evidentemente a uma isostática (fig. 18).

É necesário ter sempre presente este facto ao empregar o método das camadas aderentes para estudar a direcção dos planos de rotura.

Para que tenha significado nestes estudos de rotura a orientação das fendas no plano da camada torna-se necessário que a tensão σ_3 não seja uma tensão extrema. As tensões σ_1 e σ_2 existentes no plano da camada devem ser pois de sinais contrários.

Isto pode ser fàcilmente obtido mesmo sujeitando a base só a estados simples de tensão (tracção e compressão). Basta jogar convenientemente com os coeficientes de Poisson dos dois materiais em presença, como se torna claro pelas expressões do parágrafo 6.

Se as tensões na base forem $\sigma_1 \neq 0$ e $\sigma_2 = 0$, para que σ'_1 e σ'_2, tensões no recobrimento, sejam de sinais contrários basta que $\mu > \mu'$, isto é, que o coeficiente de Poisson do material da base seja superior ao do recobrimento.

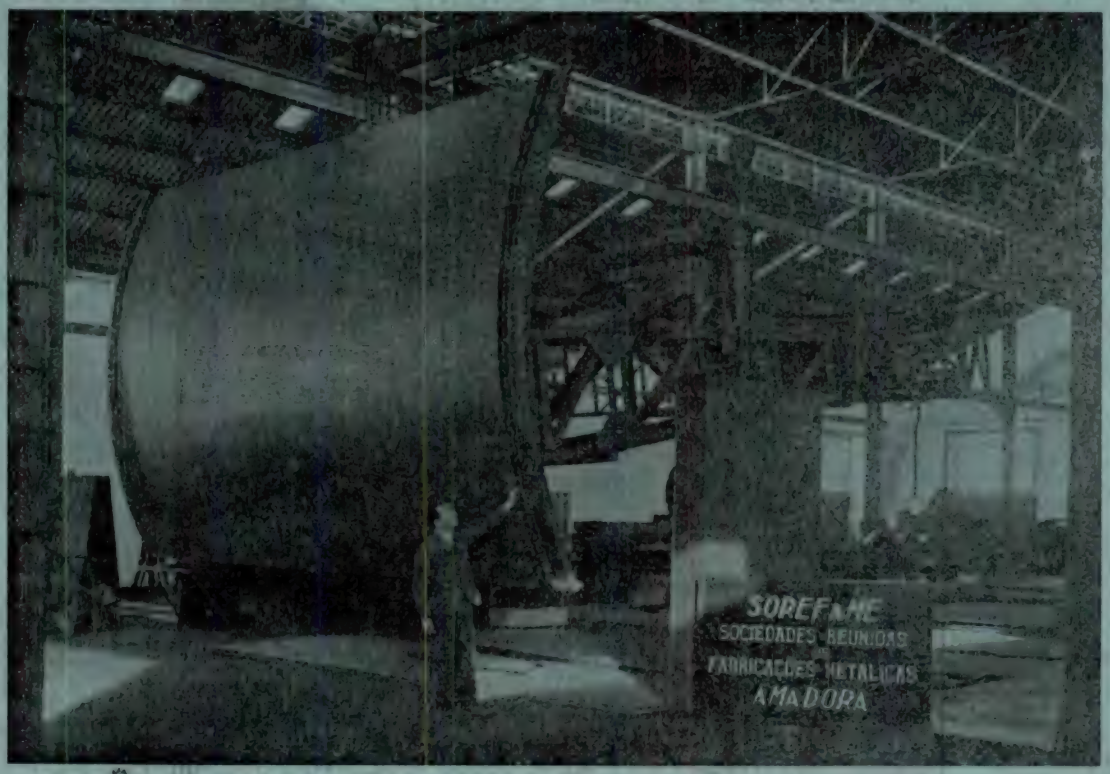
8 — Conclusões

O emprego do método apresentado para o estudo do campo das tensões, devido à sua grande simplicidade, generalizar-se-á, sem dúvida, nos ensaios sobre modelos.

Como vimos, ele pode ser aplicado sobre quase todos os materiais.

Sociedades Reunidas de Fabricações Metálicas, Ld.ª

CONSTRUÇÕES METÁLICAS



Uma das 2 comportas de segmentos fabricadas para a Sociedade Portuguesa Neyret-Beylier & Piccard-Pictet, Ld.ª, e destinada ao descarregador de cheias da barragem de Santa Luzia, da Companhia Eléctrica das Beiras

FÁBRICAS DA VENDA NOVA

Rua Vice-Almirante João António de Azevedo Coutinho

AMADORA

Telefone: VENDA NOVA 48

FÁBRICA PORTUGAL

PRAÇA DOS RESTAURADORES, 49-57 - TEL. 24948

A sua utilização no estudo de elementos de construção tais como vigas, placas, abóbodas, membranas, etc., poderá trazer enormes vantagens. O mesmo se diz para o estudo de orgãos de máquinas.

Na fig. 15 apresenta-se uma ligação rebitada que se ensaiou por este método.

Empregamo-lo também a uma biela dum motor Diesel que submetemos a esforços estáticos e dinâmicos. Quando do ensaio com esforços dinâmicos e ràpidamente variáveis, com a biela montada no próprio motor, as linhas de fractura do verniz aparecem também perfeitamente orientadas. Porém, para casos como este, só será possível tirar conclusões depois de ensaios sistemáticos acerca da influência dos esforços variáveis na rotura duma camada aderente, ensaios estes que ainda não temos possibilidade de realizar.

MEDIÇÃO DA GRAVIDADE EM GEOFÍSICA

PELO ENG.º CARLOS GONÇALVES

Assistente do I. S. T.

C. D. 622.192.2

A Geofísica é o estudo por métodos físicos do planeta onde vivemos. Como ciência aplicada, consiste na prospecção da estrutura geológica das formações profundas da Terra ou da existência de jazigos minerais pela medição, à superfície, de grandezas físicas naturais, das quais são mais evidentes as que constituem os campos gravitacional e magnético, dois grandes fenómenos naturais de origem desconhecida. É carecterizada por um processo indirecto de investigação. Qualquer trabalho tem de realizar-se em dois espaços distintos; no primeiro, trata-se de medir a grandeza física natural, precisar os números e verificá-los se for possível, no segundo, urge efectuar a interpretação geológica dos resultados obtidos.

Dentre as grandezas físicas naturais, a força da gravidade tem sido das mais proveitosas, apesar da sua medição delicada. Os resultados podem apresentar-se sob a forma de curvas reunindo pontos de igual anomalia ou de igual valor da gravidade. Profundamente ligada ao problema da isostasia depende ainda do peso específico das formações subjacentes e do local onde se faz sentir a sua acção, circunstâncias estas que vão influir na correcção final dos valores obtidos.

Foi Newton quem primeiro traduziu os seus efeitos numa fórmula matemática [1]. Provou matemàticamente que uma esfera de grandes dimensões exerce uma acção atractiva além da sua superfície, como se toda a massa estivesse concentrada no centro e estendeu a teoria gravitacional a todo o Universo tentando explicar os grandes fenómenos naturais. Os princípios de Newton ainda hoje são utilizados em todos os métodos de prospecção geofísica, não se entrando em linha de conta com a pequena correcção de Einstein.

O método mais antigo e em determinadas circunstâncias ainda hoje insubstituível de medir a aceleração da gravidade baseia-se no facto do valor de g condicionar o tempo de duração das oscilações de pequena amplitude de um pêndulo sem atritos e de comprimento conhecido. Como é irrealizável um pêndulo nestas condições, as determinações efectuadas por este processo eram muito imprecisas até que em 1817 H. Kater concebeu o pêndulo reversível, ideia que continua fundamental na construção dos pêndulos mais recentes de Sterneck, Mendenhall-Fischer e Meinesz. Os pêndulos são principalmente utilizáveis no transporte do valor g a grandes distâncias e nas determinações à superfície dos mares.

Até o ano de 1936 o valor de Potsdam era tomado como o mais preciso valor absoluto da gravidade e durante anos os valores

---

[1] É a conhecida lei de Newton dos fins do século XVII que diz: a força atractiva F entre duas massas m_1 e m_2 é directamente proporcional ao seu produto e inversamente proporcional ao quadrado da distância r que as separa

$$F = k \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

k é a constante de proporcionalidade que tem o valor

$$k = 6{,}664 \,.\, 10^{-8} \pm 0{,}002 \,.\, 10^{-8} \text{ gr}^{-1} \text{ cm}^3 \text{ seg}^{-2}$$

numèricamente igual à força atractiva entre duas massas iguais de 1 gr situadas à distância de 1 cm. O valor desta constante foi determinado pela primeira vez com a balança de torsão de Cavendish.

No sistema C. G. S. o valor de F para a força da gravidade vem expresso em *gales* que é a unidade de aceleração produzida pela força de 1 *dine*. Nas aplicações correntes usa-se uma unidade mil vezes menor, o *miligal*.

da gravidade noutras estações espalhadas pelo mundo inteiro eram referidas a Potsdam. Parece que este valor está muito alto como pode ver-se pela comparação com outros, em especial, Teddington e Washington.

Estação	g directamente determinado (gales)	Valor de g em Potsdam deduzido de cada estação	Diferenças (milligales)
Potsdam	981,274	—	—
Viena	980,862	981,283	+ 9
Paris.....	980,970	991,300	+ 26
Roma	980,343	981,270	— 4
Madrid	979,977	981,270	— 4
Pádua	—	981,260	— 14
Teddington	981,181	981,261	— 13
Washington	980,080	981,254	— 20
Lisboa	980,088	—	—

As variações do valor de *g* podem ainda medir-se pelo emprego da balança de torsão.

Em contraste com os pêndulos, os gravímetros utilizam um método estático de comparação da força da gravidade com uma força elástica. Constituem o motivo especial deste artigo.

O pêndulo, a balança de torsão e o gravímetro, são aparelhos estruturalmente diferentes consistindo todavia na polimorfização da mesma ideia pois servem todos para medir as variações do valor de *g*. Não são totalmente substituíveis, mas o emprego da balança de torsão está sendo restringido pelo uso, cada vez maior, do gravímetro de manipulação mais rápida, com maiores possibilidades de transporte, menor sujeição ao relevo topográfico e uma precisão que excede a da balança de torsão.

Foi o astrónomo inglês Sir John Hershel quem primeiro idealizou a construção de um gravímetro, em 1833, simplesmente constituído por uma massa suspensa de uma mola presa a um ponto fixo. Sob a acção da gravidade, esta distendia-se de um comprimento proporcional à intensidade da força da gravidade. Em cada estação deveria desmontar-se o sistema após a leitura e montar-se de novo na estação seguinte. Este sistema, de construção aparentemente lógica, era pràticamente inutilizável sob esta forma simplista, visto que a montagem, desmontagem e leitura grosseiríssima haviam necessàriamente de introduzir erros enormes que absorviam as variações a medir. Só a variação da temperatura do meio

Fig. 1

ambiente podia originar distensões da mola, muito superiores às provocadas pela variação da gravidade. De facto, se a temperatura de regime de um gravímetro moderno com precisão superior a 0,1 mgl variasse de 1° C dava origem a um erro de 200 ou 300 mgl.

Hershel levantou pela primeira vez o problema da construção de um gravímetro onde posteriormente se gastaram muitas energias chegando a instituír-se um prémio para quem o resolvesse. O primeiro gravímetro susceptível de aplicação prática

só nasceu nos primeiros anos deste século mas a concepção primitiva manteve-se de tal modo que ainda hoje é comum em todos estes aparelhos o emprego de uma mola de metal ou de quartzo como órgão sensível à gravidade. As grandes dificuldades de construção que foi necessário vencer complicaram muito a ideia primitiva, como pode ver-se pela Fig. 1, que mostra em estação um gravímetro portátil dos mais modernos e precisos. Deve notar-se na fotografia o gravímetro pròpriamente dito, tripé e condutor de ligação às baterias de 6 V. Na Fig. 2 aparece-nos de novo o mesmo gravímetro em estação junto do automóvel onde era transportado.

Dentre as dificuldades que foi necessário vencer na construção dos gravímetros modernos, com a precisão de 1 para 10.000.000 na medição do valor de g, a primeira foi sem dúvida a medição rigorosa das pequenas deslocações da mola, de cerca de 10^{-5} mm — depois de assegurar uma temperatura de regime constante em virtude do auxílio de um termostato eléctrico, um sistema estável e um período de oscilação próprio dos órgãos de medida diferente do devido aos movimentos microsísmicos do solo, além de material suficientemente elástico para a mola.

Fig. 2

Uma das soluções consistiu em empregar os gravímetros ditos astáticos. A astasia consiste na transformação, por meio de articulações elásticas ou de cutelo, do movimento longitudinal num movimento angular e na colocação do ponto de aplicação da mola sobre o centro de gravidade do sistema oscilante.

O princípio de funcionamento do mecanismo de medida mais moderno destes pequenos deslocamentos da mola é o seguinte: o movimento translacional da mola é solidário com o de um diafragma em virtude do qual se permite a passagem de mais ou menos luz proveniente de uma lâmpada, luz que vai impressionar uma célula fotoeléctrica. As variações de intensidade luminosa vão evidenciar-se num galvanómetro cujo ponteiro se desloca proporcionalmente à distenção sofrida pela mola. O emprego de processos ópticos de medida é difícil em virtude dos movimentos microsísmicos terrestres. É evidente que devido à sua grande precisão o campo de medida do galvanómetro é muito restrito, de modo que existe em conjunto um processo de efectuar prèviamente um ajustamento grosseiro.

Há vários métodos de trabalhar no campo com o gravímetro, dependentes da extensão do trabalho e da precisão que deseja obter-se.

Para determinar a variação do valor da gravidade entre dois pontos A e B estacionamos em cada um dos pontos obtendo-se, respectivamente, dois valores a e b. A diferença a-b é a variação indicada pelo aparelho todavia, por razões que veremos adiante, fazemos mais duas observações a^l e b^l. A ordem porque são feitas as leituras é $a\,a^l\,a^l\,b^l$. Constroi-se um gráfico como o da Fig. 3 obtendo-se dois segmentos de recta aa^l e bb^l. A média dos comprimentos das ordenadas compreendidas entre b e aa^l e entre a^l e bb^l é a variação sofrida pelo valor de g. Foi este o método que seguimos por razões de trabalho que não exporemos neste lugar.

Supondo que se eliminam os enganos e dada a amplitude dos erros possíveis de observação temos ainda a considerar as seguintes causas de erro, discriminadas por ordem da sua importância

É impossivel eliminar as 3 primeiras causas de erro, mas a 4.ª consegue eliminar-se e as restantes parece não terem importância sensível no aparelho utilizado. Temos desta forma erros que seriam siste-

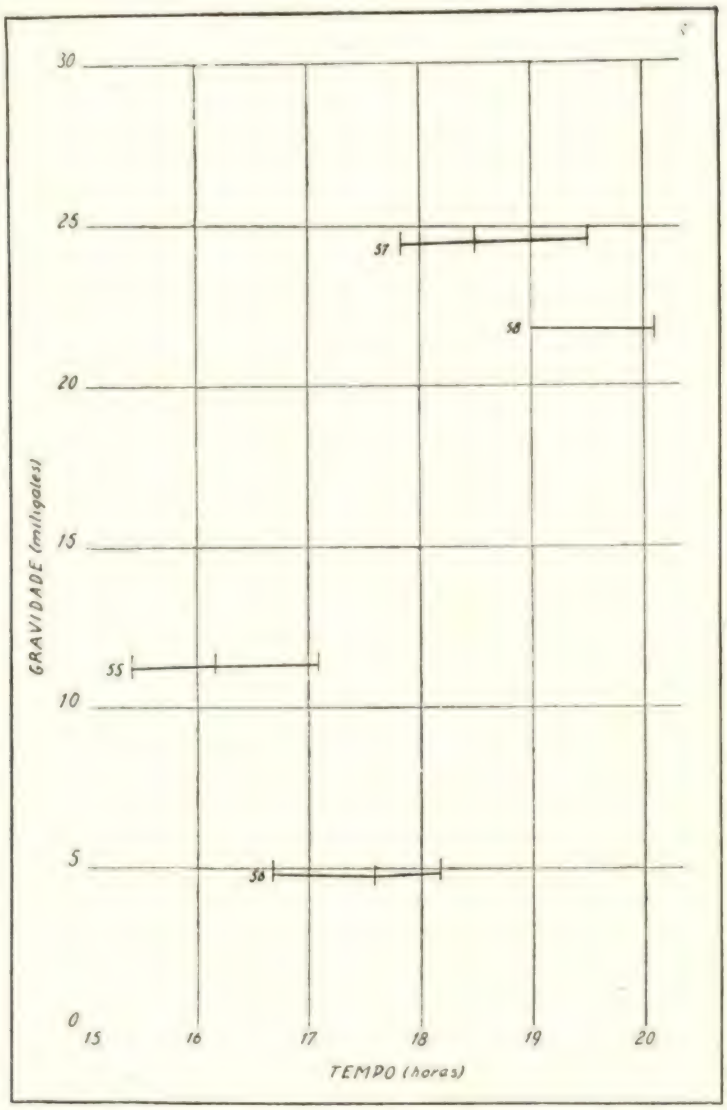


Fig. 3

1 — sucessiva distenção elástica das molas;
2 — influência da temperatura exterior sobre a temperatura de regime;
3 — choques e vibrações sofridos pelo aparelho durante o transporte;
4 — variação do azimute magnético;
5 — variação da pressão atmosférica;
6 — humidade.

máticos se conhecessemos exactamente a forma porque actuam sobre o funcionamento do gravímetro, mas como tal se não dá, aceitamos que os erros cometidos obedecem à lei de Gauss, isto é, são erros acidentais aos quais vem juntar-se os pequenos erros de observação. É esta, de resto, a verdadeira diferença entre os erros sistemáticos e os erros acidentais.

Podemos informar-nos da precisão dos resultados obtidos por dois processos distintos.

O primeiro consiste em fazer várias observações na mesma estação. Nos intervalos entre as observações poderíamos apenas transportar o gravímetro ao longo de dois ou três quilómetros e estacionar de novo na mesma estação, isto é, simular as condições de trabalho no campo, mas isto equivalia a eliminar em parte a 1.ª causa de erro e portanto, a obter uma sensibilidade que poderia ser fictícia de maneira que estudámos a precisão do aparelho dentro das verdadeiras condições de trabalho no campo.

Constroi-se um gráfico como se indica na Fig. 4 marcando em abcissas os tempos em que foram efectuadas as observações e o valor destas em ordenadas. Unindo os vários pontos assim obtidos temos uma curva de variação que nós substituímos por segmentos de recta em virtude de não conhecermos a configuração geométrica dessa curva. Dentre os vários pontos onde se fizeram observações repetidas escolheram-se ao acaso os da Fig. 4 e destes escolhem-se a estação 194 que apresenta resultados mais ajustados da recta que une os pontos extremos. O máximo afastamento tem o valor 0,152 mgl.

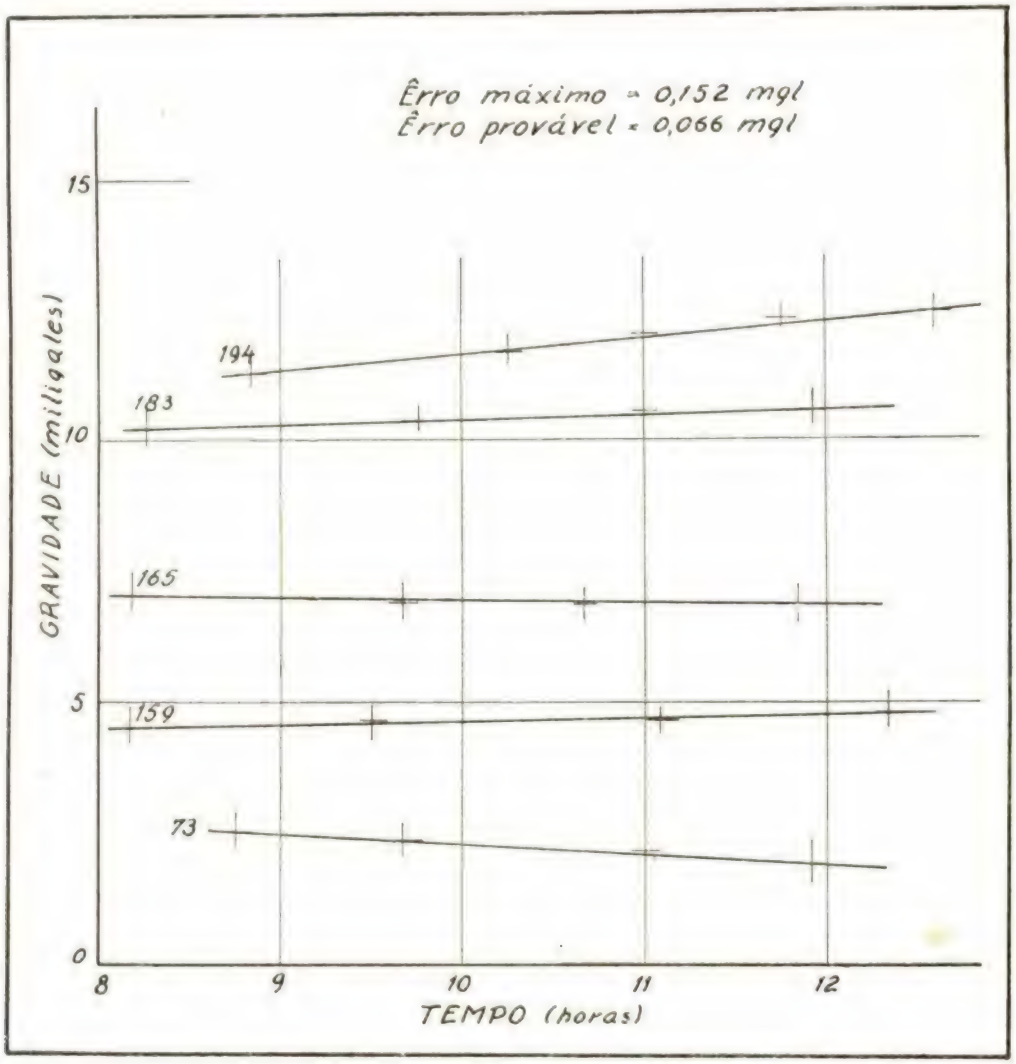


Fig. 4

O erro quadráfico médio μ tem o valor 0,099 mgl e portanto devemos contar com

um erro provável $r = 0{,}67 \times 0{,}099 = 0{,}066$ mgl em cada observação. Este erro provável pode ser, é claro, positivo ou negativo. Atendendo à maneira como chegámos a este resultado trata-se de um valor em excesso. Note-se todavia que as condições de trabalho não satisfazem em absoluto aos requisitos exigidos pela teoria dos erros — que já de si é uma teoria de valores prováveis — visto que as observações não são por exemplo, todas efectuadas sob as mesmas condições exteriores. Apesar de tudo, os resultados obtidos harmonizam-se com a confiança que depositámos na precisão das observações e podemos certificarmo-nos de que o gravímetro nos dá uma precisão de 0,1 mgl, quere dizer, de 1 para 10.000.000 na medição do valor de *g*.

Um outro processo de estudar a precisão dos valores obtidos consiste em levantar um circuito fechado e verificar qual o erro de fecho. Os exemplos indicados no quadro junto, antes de qualquer correcção ou distribuição de erros, mostram-nos não só a alta precisão do instrumento mas ainda que o erro de fecho é independente do desenvolvimento do circuito [1]. Na amplitude deste erro de fecho e na sua independência da distância percorrida o gravímetro leva vantagem à balança da torsão.

Circuito	Percurso km	Erro de fecho mgl
A	150	+ 0,117
B	201	— 0,193
C	419	+ 0,178

Os resultados fornecidos pelo aparelho são transformados em unidades de aceleração de gravidade, sofrem as correcções planetária, de altitude e devida às formações subjacentes e em seguida traça-se o mapa gravimétrico desejado donde parte o trabalho de interpretação geológica.

Em resumo, o gravímetro mede directamente variações de aceleração da gravidade com uma precisão superior a 0,1 mgl, permite o levantamento gravimétrico de grandes áreas com minúcia e de uma maneira relativamente rápida e é pouco afectado pelas irregularidades do terreno.

Outubro de 1946.

---

[1] Noutro local, trataremos com mais pormenor da precisão dos valores obtidos, onde todo o assunto deste artigo será exposto mais clara e concretamente.

Linha de carga de poliódios, com ligação por resistência, em amplificadores

POR ARMANDO PEREIRA DOS REIS MIRANDA
(Do Curso de Engenharia Electrotécnica)

C. D. 621 396.68

Justificação: Uma das questões do segundo exame prático de Telecomunicações suscitou-me o problema enunciado, de modo que me propus concretizar as minhas primeiras impressões sobre o assunto.

Posteriormente verifiquei que o resultado principal já é conhecido (1).

Pareceu-me, porém, que uma justificação circunstanciada desta construção não deixaria de ter interesse e por isso resolvi publicar o presente artigo.

Os raciocínios serão apresentados pela sequência por que se foram desenrolando para dar ao trabalho maior coerência.

Seguindo uma orientação já adoptada, partirei das equações de princípio para gráficos, por aplicação numérica, e procurarei extrair destes as conclusões.

As notações usadas são, dum modo geral, as americanas (R. C. A.), usuais entre nós, não me dispensando, porém, de indicar os significados dos símbolos usados.

Introdução

Para o caso, normalmente sem valor prático, de uma montagem do tipo da fig. 1, a linha de carga é uma recta (fig. 2) independente do poliódio, e a sua inclinação é dada por:

$$\operatorname{tg} \alpha = -\frac{i_b}{E_{bb} - e_b} = -\frac{1}{R_L} \quad . \; . \; . \; (1)$$

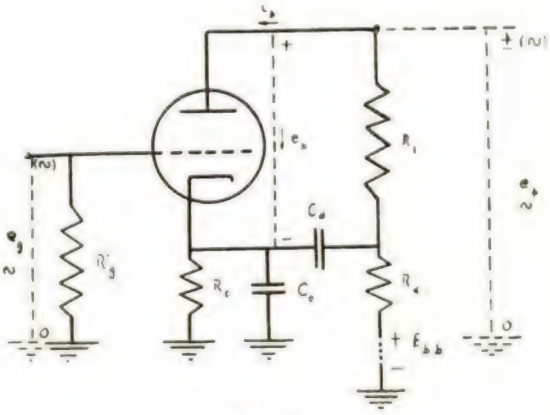


Fig. 1

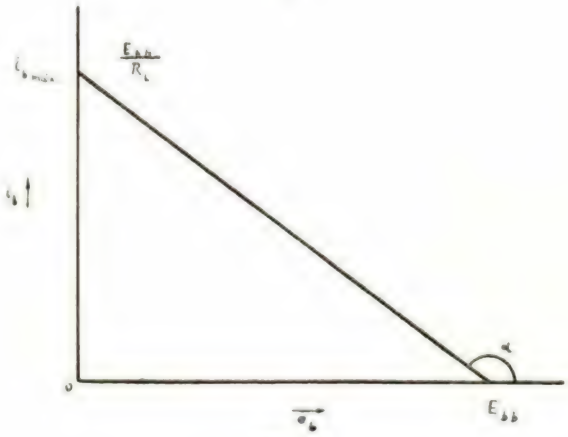


Fig. 2

em que:

E_{bb} = tensão (contínua) da fonte de alimentação.

e_b = tensão aos terminais do poliódio.

(1) Veja-se: Terman — Radio Engineers, Handbook (1943), pág. 379, linhas 2, 3, 4 e 5, e fig. 18 da pág. 378 (2), Glasgow — Principles of Radio Engineering (1936), pág. 157 e fig. 102.

R. Mesny — Radio Électricité General. Tome II (1935), pág. 110, § 6.

Brainerd — Koehler — Reich — Woodruff — Ultra — High — Frequency Techniques (1942), pág. 87 e seguintes (§ 3-6), e pág. 12, fig. 3-37.

Terman — Radio Engineering (1937), págs. 177 e 278 e fig. 163.

Reich — Principles of Electron Tubes (1941), pág. 99 — Eq. (4-15), e pág. 141 — Quadro (6 — I) e § (6-5).

(2) R_L tem, no livro, o significado de R_p neste trabalho.

$e_p = R_L\, i_p$ = tensão variável desenvolvida na resistência de carga.

R_L = resistência de carga (resistência do circuito de placa).

$i_b = I_b + i_p$ = corrente que passa no poliódio.

I_b = corrente contínua que passa no poliódio, na ausência de sinal aplicado.

i_p = corrente variável, devida ao sinal aplicado, que se sobrepõe a I_b.

Desprezam-se a queda de tensão na resistência catódica e as fugas de corrente variável por capacidades inter-electródicas em paralelo com R_L.

A inclinação da recta de carga é deduzida imediatamente da equação

$$e_b = E_{bb} - R_L\, i_b \quad . \; . \; . \; . \; . \quad (2)$$

que se pode escrever

$$e_b = E_{bb} - R_L\, I_b - R_L\, i_p$$

ou ainda

$$e_b = E_b - R_L\, i_p = E_b + e_p \quad . \; . \quad (2')$$

em que:

E_b = tensão (contínua) aos terminais do poliódio, na ausência de sinal aplicado.

Interessa deixar desde já bem expressos os sinais das diversas grandezas:

a) as correntes são contadas positivamente no sentido normal de I_b;

b) e_p é positivo quando i_p é negativo e inversamente porque o ponto de potencial contínuo $+ E_{bb}$ é de potencial alterno nulo (impedância da fonte de alimentação ou reactância do condensador de desconjugação baixa).

Problema principal

Para o caso vulgar da montagem da fig. 3, utilizada na ligação de amplificadores, parte da corrente i_p vai passar pela resistência R_g, colocada, para a componente alternada de i_b, em paralelo com R_L, enquanto que a componente de corrente contínua passa, sempre, só por R_L.

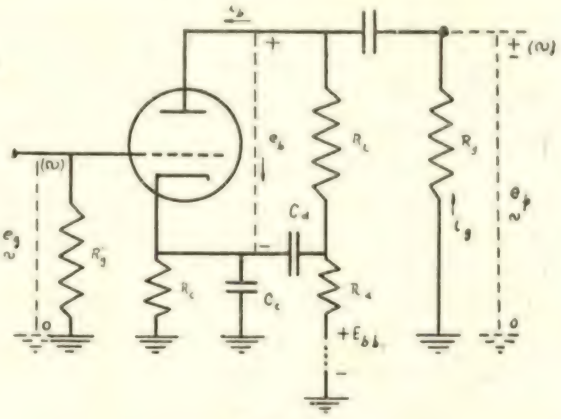


Fig. 3

Em vista disto torna-se évidente que *as variações de tensão aos terminais do poliódio são menores, para a mesma corrente* i_b *no poliódio, o que equivale a dizer que a linha de carga vem mais inclinada.*

Procuremos o valor de uma resistência R'_L tal que, colocada no lugar de R_L na montagem da fig. 1, produza, em cada instante, o mesmo efeito das resistências R_L e R_g na montagem da fig. 3.

A impedância, que a malha da direita (fig. 3) oferece à corrente variável i_p, é:

$$R_p = \frac{R_L\, R_g}{R_L + R_g}$$

fazendo os desprezos atrás indicados e os das quedas de tensão nos condensadores de bloqueio e de desconjugação à massa.

Deste modo, a tensão variável utilizável no andar seguinte, e_p, é dada por

$$e_p = i_p\, R_p\, [= i_g\, R_g = (i_p - i_g)\, R_L] \ldots \quad (4)$$

em que i_g = corrente variável na resistência de grelha R_g.

Ora a tensão aos terminais do poliódio é:

$$e_b = E_{bb} - R_L I_b - R_p\; i_p \ldots \quad (5)$$

ou seja

$$e_b = E_{bb} - R_L\, (I_b + i_p - i_g) \ldots \quad (5')$$

De (5) tira-se que

$$E_{bb} - e_b = R_L\, I_b + R_p\, i_p$$

ou ainda

$$E_{bb} - e_b = R_L \left(I_b + \frac{R_g}{R_L + R_g}\, i_p \right) \cdots \quad (6)$$

Procuremos dar a esta expressão a forma

$$E_{bb} - e_b = R'_L\, (I_b + i_p) = R'_L\, i_b \cdots \quad (7)$$

Vem então para R'_L o valor qne satisfaz a

$$R'_L (I_b + i_p) = R_L \left(I_b + \frac{R_g}{R_L + R_g}\, i_p \right) \quad (8)$$

ou seja

$$R'_L = \frac{\dfrac{I_b}{i_p} + \dfrac{R_g}{R_L + R_g}}{\dfrac{I_b}{i_p} + 1}\, R_L \cdots \quad (9)$$

Façamos os cálculos de $\frac{R_L}{R'_L}$ para vários valores comuns de $\frac{R_g}{R_L}$ e para os diversos valores de $\frac{i_p}{I_b}$ de modo a obter com rigor as linhas de carga para as várias condições. (Ver quadro adeante).

O raciocínio usado é válido e a comparação das expressões (6) e (7) é legítima porque, atendendo a que a comparação se faz em cada instante, temos:

a) E_{bb} constante.
b) e_b igual nos dois casos.
c) e_g (= tensão de grelha) igual nos dois casos.
d) I_b igual nos dois casos.
e) i_b igual nos dois casos em face de *b*) e *c*).
f) i_p igual nos dois casos em face de *d*) e *e*).

Verifica-se desde já, a partir de (9), que o valor de R'_L equivalente na Fig. 1 à malha da montagem da Fig. 3 varia de instante para instante.

O traçado das linhas de carga pode fazer-se a partir do quadro, como segue:

1.º Traçar, a partir de E_{bb}, uma recta de inclinação tal que $tg\, \alpha = -\frac{1}{R_L}$.

2.º Procurar, a partir da tensão (contínua) de negativação da grelha, na ausência de sinal aplicado, o ponto de funcionamento Q, (neste caso arbitrado).

3.º Procurar, para o valor adoptado de $\frac{R_g}{R_L}$, as intersecções das rectas, traçadas a partir de E_{bb}, com inclinações tais que

$$tg\, \alpha' = -\frac{1}{R'_L}$$

com as linhas de ordenadas $\frac{i_p}{I_b}$ correspondentes.

Linhas de carga

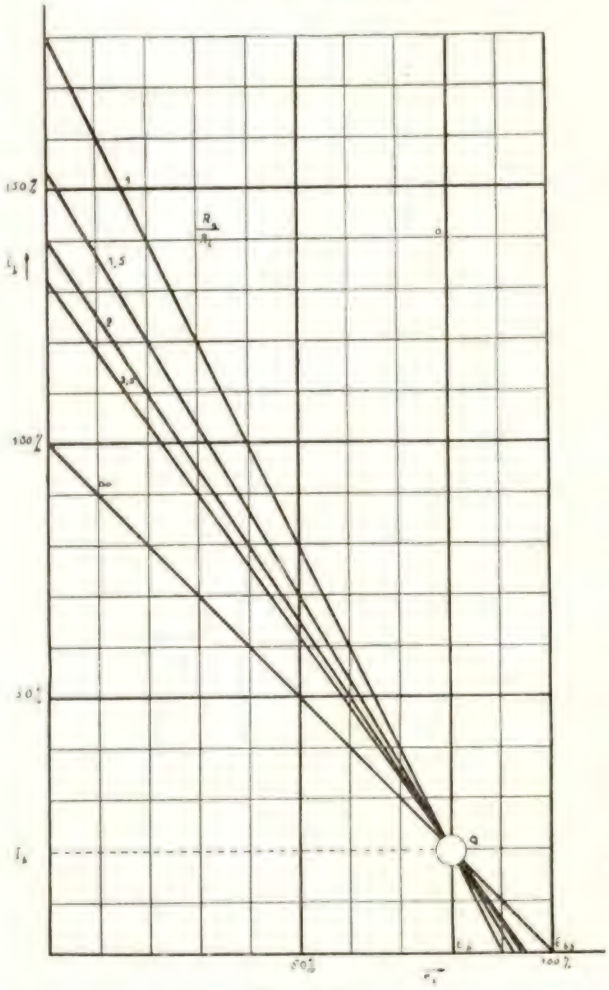


Fig. 4 (1)

Ao começar o traçado do gráfico reparei que os diversos pontos se alinhavam obsti-

(1) e_b em % de E_{bb}
i_b em % de $i_{b\,máx}$ para $R_g = \infty$

QUADRO DE VALORES

$\frac{i_p}{I_b}$	$\frac{I_b}{i_p}$	$\frac{R_L}{R'_L}$			
		$\frac{R_L}{R_g} = 1$	$\frac{R_g}{R_L} = 1,5$	$\frac{R_g}{R_L} = 2$	$\frac{R_g}{R_L} = 2,5$
—1	—1	0	0	0	0
—0,9	—1,11	0,182	0,2176	0,25	0,28
—0,8	—1,25	0,333	0,385	0,429	0,567
—0,7	—1,414	0,453	0,509	0,553	0,591
—0,6	—1,66	0,572	0,625	0,666	0,7
—0,5	—2	0,666	0,715	0,75	0,777
—0,4	—2,5	0,75	0,79	0,818	0,84
—0,3	—3,33	0,824	0,856	0,875	0,887
—0,2	—5	0,89	0,91	0,924	0,934
—0,1	—10	0,948	0,958	0,965	0,97
0	∞	1	1	1	1
0,1	10	1,048	1,038	1,032	1,028
0,2	5	1,09	1,07	1,059	1,05
0,3	3,33	1,13	1,10	1,082	1,07
0,4	2,5	1,167	1,129	1,103	1,09
0,5	2	1,2	1,153	1,123	1,106
0,6	1,66	1,23	1,176	1,144	1,120
0,7	1,414	1,26	1,200	1,160	1,132
0,8	1,25	1,285	1,216	1,172	1,144
0,9	1,11	1,31	1,232	1,188	1,156
1	1	1,333	1,25	1,2	1,167
1,5	0,66	1,428	1,315	1,248	1,206
2	0,5	1,5	1,364	1,288	1,236
3	0,33	1,6	1,43	1,333	1,264
4	0,25	1,666	1,47	1,363	1,298
5	0,2	1,715	1,5	1,383	1,313
10	0,1	1,833	1,57	1,433	1,351
20	0,05	1,91	1,617	1,466	1,373
∞	0	2	1,666	1,5	1,4

nadamente e acabei por verificar que na realidade se tratava de linhas rectas perfeitas.

Traçadas as rectas para $\frac{R_g}{R_L}$ igual a 1, 1,5, 2 e 2 5, concluí que as podia traçar, desde logo, para $\frac{R_g}{R_L}$ igual a 0 e a ∞.

Em face disto, suspeitei e verifiquei que as inclinações das várias rectas eram tais que

$$\operatorname{tg} \alpha = -\frac{1}{R_p}$$

Havia um pequeno pormenor a esclarecer: *mesmo para uma corrente* i_b *nula a tensão aos terminais do poliódio era sempre inferior a* E_{bb}, *desde que* $R_g \neq \infty$!

Na verdade, para este caso, vem

$$i_b = I_b + i_p = 0$$

donde

$$I_b = -i_p \qquad \ldots \quad (10)$$

Notemos porém que a corrente em R_L é

$$i_L = I_b + i_p - i_g \qquad \ldots \quad (11)$$

Substituindo (10) em (11) temos finalmente

$$i_L = -i_g$$

Isto é:

Nos instantes em que i_b *é nulo passa na resistência* R_L *a corrente precisa para o ramo de* R_g e podemos considerar, de certo modo, que a fonte de tensão contínua se descarrega através de R_g.

Está portanto justificado porque, mesmo para corrente nula no poliódio, a tensão não atinge a tensão de alimentação.

O catálogo de poliódios da R. C. A. está, à primeira vista, errado no que respeita a linhas de carga.

A solução aparentemente adoptada pela R. C. A. é porém válida para amplificadores em classe *B* e *C* porque, para estes casos, o ponto de funcionamento, na ausência de sinal, tem as coordenadas (E_{bb} . O).

Comparação das montagens

Vamos agora, para um exemplo, verificar as diferenças que apresentam as duas montagens (Figs. 1 e 3) e ainda compará-las com a solução aparente da R. C. A.

Como se vê, aos três casos citados correspondem sucessivamente as Figs. 5, 6 e 7.

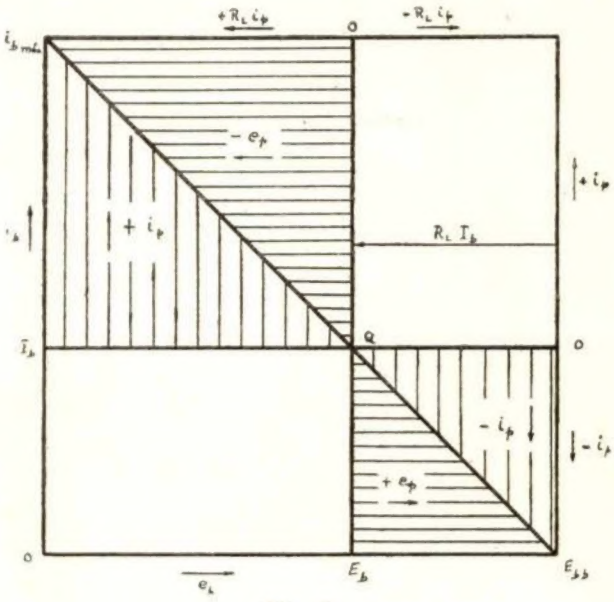


Fig. 5

Na Fig. 5 tudo se apresenta bem claro: as partes tracejadas horizontalmente repre-

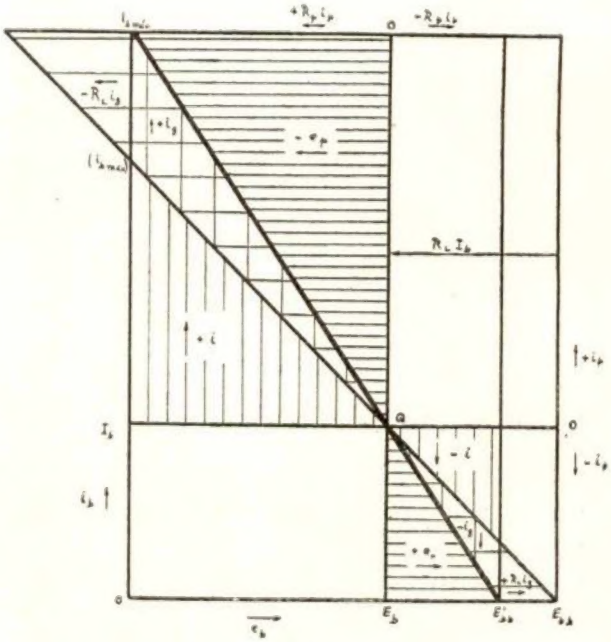


Fig. 6 (1)

(1) Nas fig. 6 e 7 mostram-se as ordenadas correspondentes a $i_{b\,máx}$ para $R_g = \infty$ para determinar a escala das figuras.

sentam as variações de e_b, portanto e_p; as partes tracejadas verticalmente representam as variações de i_b, e portanto i_p.

Para a Fig. 6 é necessário dispensar maior atenção porque eu preferi separar i_p, nas suas parcelas i que passa por R_L e i_g que passa por R_g.

Nesta figura, das partes tracejadas, só aquela com tracejado horizontal mais apertado está directamente referida a i_b.

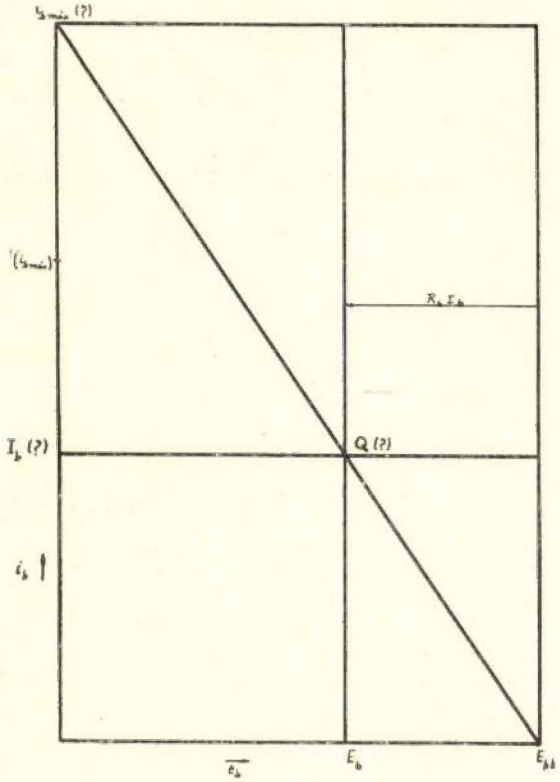


Fig. 7

Todas as outras estão referidas a e_p (ou a e_b. Ver equação (2')). As faixas com tracejados largos sobrepostos dão, na vertical, $i_g = i_p - i$, isto é, a corrente variável que passa por R_g; na horizontal, $-R_L\ i_g$, isto é, o complemento de e_p para $-R_L\ i_p$, ou seja ainda, *a queda de tensão adicional (algèbricamente), que se dá em* R_L, *devida à resistência* R_g.

Note-se que, para a mesma resistência de carga R_L, e para $R_g = 2\ R_L$, a tensão de saída dada pelo poliódio vem reduzida de 33 %, *para a mesma variação de* i_b!

Pode especificar-se ainda, embora seja evidente, que a tensão $R_L\ I_b = E_{bb} - E_b$ está dividida pela recta de carga em duas partes que estão entre si como R_L para R_g.

A Fig. 7 é difícil de anotar e não tem, teòricamente, qualquer significado ou justificação.

Resta agora mostrar e analisar como as três construções se apresentam sobre uma rede de características, do triódio do duplo-diódio-triódio *6 S Q 7*, por exemplo (R. C. A. Receiving Tube Manual (1940) Pag. 144).

A Fig. 8 contém as três construções atrás indicadas para as tensões $E_{bb} = 400$ V e $E_{bb} = 250$ V, para $R_L = 0{,}2$ MΩ e $R_g = 0{,}4$ MΩ $\left(\frac{R_g}{R_L} = 2\right)$ e para $E_c = -2{,}5$ e $E = -1{,}5$ respectivamente.

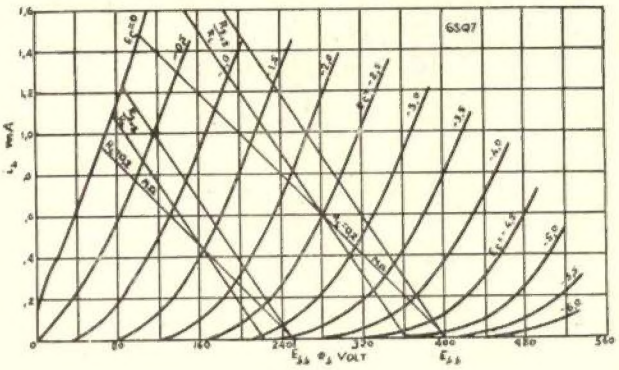


Fig. 8

Desprezando a resistência R_g, (construção para a montagem da Fig. 1) obtém-se, além de uma maior amplificação uma melhor qualidade de amplificação (menos distorção para negativações elevadas), e, além disso, a amplitude do sinal de entrada pode ser maior.

Adoptando a terceira construção tem-se a ilusão de que as possibilidades do poliódio são muito superiores às reais, salvo no que respeita à dissipação de energia que vem aumentada indevidamente.

O catálogo de poliódios da R. C. A. está correcto, embora, à primeira vista não pareça em face das figuras das págs. *139* e *144*, conjugadas com os dados indicados para os poliódios correspondentes.

Juntando porém a afirmação da pág. 14 (linhas *1*, *2* e *3*) com a nota (1) da pág. 203 (primeira no topo da página) verifica-se que

os valores indicados como *tensão de plata* são:

$$E'_b = E_b + I_b R_p$$

isto é, a voltagem máxima instantânea, e não a tensão da fonte de alimentação E_{bb}, que se calculará a partir da tensão E_c de negativação e da resistência R_L, uma vez conhecidas as características do poliódio.

Compare-se este procedimento com o adoptado pelo Prof. Terman no local citado ao princípio do trabalho.

Conclusões fundamentais

A linha de carga em poliódios, com ligação por resistência, em amplificadores:

1.º — *É uma linha recta.*

2.º — *Passa pelo ponto de funcionamento do poliódio na ausência de sinal aplicado.*

3.º — *Tem uma inclinação tal que*

$$\operatorname{tg} \alpha = -\frac{1}{R_p}$$

em que R_p é a resistência equivalente ao paralelo da resistência de carga, R_L, com a resistência de fuga da grelha do poliódio do andar seguinte R_g.

Destas três conclusões fundamentais, que determinam a recta de carga, podemos concluir ainda que a recta de carga:

4.º — *Depende de* R_L *e* R_g.

5.º — *Depende do ponto de funcionamento, isto é: de* E_{bb}, *da negativação (contínua) da grelha* (E_c), *das características do poliódio (e novamente de* R_L*).*

6.º — *Não depende do sinal aplicado (nem das suas consequências).*

Como já atrás ficou dito consideram-se os condensadores de bloqueio e de desconjugação à massa suficientemente grandes para oferecerem reactância desprezável à passagem das correntes variáveis e as capacidades inter-electródicas suficientemente pequenas para que as fugas de corrente alternada sejam igualmente desprezáveis.

Julgo ter concretizado o assunto que me propus resolver, esclarecendo um ponto errado ou obscuro em vários tratados [1].

---

[1] La Escuela del Técnico Electricista XIV (1943), pág. 275, J. Groszkoswski — Les Lampes a Plusieurs Electrodes et Leurs Aplications (1927), pág. 177.

CIMENTOS DE BAIXO CALOR DE HIDRATAÇÃO

C D. 691.5

No «Diário do Governo», II série, de 10 de Outubro último, foi publicado o relatório da comissão de estudo nomeada, por portaria de 20 de Fevereiro do corrente ano, para estudar e fixar as características a exigir na recepção dos cimentos especiais de baixo calor de hidratação.

Esse relatório é acompanhado do caderno de encargos que aquela comissão propõe que seja desde já adoptado, embora com carácter provisório.

A entrada em franco desenvolvimento das obras de aproveitamento hidroeléctrico dos nossos rios confere a estes dois documentos, o relatório e o caderno de encargos, um interesse que justifica a sua transcrição nas páginas da «Técnica».

Sr. Ministro das Obras Públicas e Comunicações. — *Excelência.* — Por portaria de 20 de Fevereiro de 1946, publicada no *Diário do Governo*, 2.ª série, de 28 do mesmo mês, dignou-se V. Ex.ª nomear esta comissão para proceder ao estudo e fixação das características a exigir na recepção dos cimentos de baixo calor de hidratação.

A produção de tipos de cimento especialmente adaptáveis à construção de grandes barragens maciças tem em vista atenuar um dos inconvenientes do emprego do betão para constituir tais estruturas, o qual consiste na tendência que as grandes massas desse material apresentam para fender, quando se vão contraindo à medida que perdem o calor desenvolvido pela hidratação do cimento.

A grande rapidez de colocação do betão, tornada possível pelos modernos métodos construtivos, não permite que o calor de hidratação se vá dissipando à medida que é produzido, e por isso as grandes massas de betão aquecem fortemente durante o endurecimento.

A máxima temperatura atingida depende, evidentemente, da temperatura de colocação do betão, verificando-se, na prática, que esta pode ter uma influência muito maior sobre a ulterior queda de temperatura e consequente contracção do que quaisquer alterações que se possam efectuar nas características do cimento relativas à produção de calor (vide *Special Cements for Mass Concrete*, Bureau of Reclamation, U. S. A., 1936, p. 3).

Para reduzir a queda de temperatura e a consequente contracção nas estruturas maciças de betão têm-se recomendado os seguintes métodos:

1) Emprego de cimentos especiais cuja hidratação produza menos calor que a dos cimentos normais:

2) Arrefecimeto artificial, começado logo a seguir à colocação do betão, o qual não só reduz a elevação de temperatura, mas também permite injectar as juntas de contracção dentro de um prazo mais curto;

3) Colocação de betão durante o tempo frio e a temperaturas tais que o aquecimento do maciço se eleve pouco acima da temperatura média da localidade;

4) Arrefecimento prévio dos componentes do betão, para reduzír a sua temperatura de colocação;

5) Limitação do andamento da betonagem, de modo que o calor produzido pela hidratação do cimento se possa escapar para a atmosfera;

6) Redução do teor em cimento na parte interna do maciço de betão (vide *Concrete Manual*, Bureau of Reclamation, U. S. A., 1939, p. 39).